

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

02. 8. 2004

REC'D 24 SEP 2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 3 1 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 8 4 1 7 1
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 2 8 4 1 7 1]

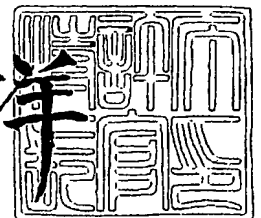
出 願 人 株式会社小松製作所
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 9 月 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 8 1 0 2 8

【書類名】 特許願
【整理番号】 P03-071
【提出日】 平成15年 7月31日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 C22C 38/00
F16C 17/00

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府枚方市上野 3 丁目 1 - 1 株式会社小松製作所生産技術開発センター内
【氏名】 高山 武盛

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府枚方市上野 3 丁目 1 - 1 株式会社小松製作所生産技術開発センター内
【氏名】 大西 哲雄

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府枚方市上野 3 丁目 1 - 1 株式会社小松製作所生産技術開発センター内
【氏名】 岡村 和夫

【特許出願人】
【識別番号】 000001236
【氏名又は名称】 株式会社小松製作所
【代表者】 坂根 正弘

【代理人】
【識別番号】 100097755
【弁理士】
【氏名又は名称】 井上 勉

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 025298
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9723506

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

少なくとも 5～50 体積%の炭化物と固溶炭素濃度が 0.15～0.5 重量%に調整されたマルテンサイト相からなる鉄系焼結摺動材料が鉄系裏金に一体化されてなることを特徴とする複層焼結摺動部材。

【請求項 2】

前記鉄系焼結摺動材料は、少なくとも Cr:6.5 重量%以上、Mo:3.5 重量%以上および/または V:3 重量%以上の一種以上を含有し、Cr₇C₃、M₆C、MC 型炭化物の一種以上の炭化物が分散されている請求項 1 に記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 3】

円筒状部材の一端面にスラスト荷重を受けて摺動する鍔部を設け、この鍔部の摺動面に前記鉄系焼結摺動材料が 0.5 mm 以上の厚さで焼結接合される請求項 1 または 2 に記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 4】

前記鉄系焼結摺動材料はドーナツ状円板形状を有し、その内周面と円板の下面が前記鉄系裏金の外周面と平板の上面にそれぞれ焼結接合され、前記鉄系裏金の外周面での接合面の一部に焼結接合時の焼結体から発生するガスのガス抜き穴と溝が設けられる請求項 1～3 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 5】

前記鉄系焼結摺動材料は、少なくとも C:0.9～3.8 重量%、Cr:6.5～35 重量%を含有し、かつ、式

$$0.143 \times (\text{Cr 重量}\%) - 1.41 \leq \text{C 重量}\% \leq 0.156 \times (\text{Cr 重量}\%) - 0.52$$

の関係に従って、Cr₇C₃ 型炭化物と固溶炭素量が 0.2～0.45 重量%のマルテンサイト相からなり、さらに、Si、Mn、Ni、P、S、B、N、Mo、V、Ti、W、Co、Cu、Al 等の合金元素の一種以上が含有される請求項 1～4 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 6】

前記マルテンサイト相の 600℃での焼戻し硬さが HRC55 以上となるように、マルテンサイト相中に、少なくとも Mo:0.5～4.0 重量%、W:0.5～4.0 重量%、V:0.5～3.0 重量%の一種以上を含有する請求項 5 に記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 7】

前記鉄系焼結摺動材料は、少なくとも C:1.9～3.8 重量%、Cr:6.5～30 重量%を含有し、かつ、(V+Ti):3～8 重量%の一種以上を含有し、固溶炭素量が 0.2～0.45 重量%のマルテンサイト相中に 10～25 体積%の Cr₇C₃ 型炭化物と 5～15 体積%の MC 型炭化物を総炭化物量で 15～30 体積%析出分散させ、さらに、Si、Mn、Ni、P、S、B、N、Mo、W、Co、Cu、Al 等の合金元素の一種以上が含有される請求項 1～4 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 8】

前記鉄系焼結摺動材料は、少なくとも C:0.6～1.9 重量%、Cr:1.0～7.0 重量%、V:0～3.0 重量%、および Mo≥3.5 重量%で (Mo+0.5×W):4.5～30 重量%を含有し、かつ、固溶炭素量が 0.2～0.45 重量%のマルテンサイト相に 5 体積%以上の M₆C 型炭化物と 5 体積%以下の MC 型炭化物が分散した組織からなり、さらに、Si、Mn、Ni、P、S、B、N、V、Ti、Co、Cu、Al 等の合金元素の一種以上が含有される請求項 1～4 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 9】

前記鉄系焼結摺動材料においては、その炭素添加量 (C 重量%) が、式

$$0.043 \times (\text{Mo 重量}\% + 0.5 \times \text{W 重量}\%) + 0.2 \times (\text{V 重量}\% - 0.5 + \text{Ti 重量}\%) \leq (\text{C 重量}\%) \leq 0.038 \times (\text{Mo 重量}\% + 0.5 \times \text{W 重量}\%) + 0.33 + 0.2 \times (\text{V 重量}\% - 0.5 + \text{Ti 重量}\%)$$

の範囲にある請求項 8 に記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 10】

前記鉄系焼結摺動材料は、少なくとも C : 1.3 ~ 3.0 重量%、Cr : 1.0 ~ 7.0 重量%、V : 3.0 ~ 8.0 重量%、および、 $Mo \geq 3.5$ 重量%で ($Mo + 0.5 \times W$) : 7 ~ 20 重量%を含有し、かつ、固溶炭素量が 0.2 ~ 0.45 重量%のマルテンサイト相に 10 ~ 25 体積%の M_6C 型炭化物と 5 ~ 15 体積%の MC 型炭化物が分散した組織からなり、さらに、Si, Mn, Ni, P, S, B, N, V, Ti, Co, Cu, Al 等の合金元素の一種以上が含有される請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 11】

前記鉄系焼結摺動材料は、少なくとも C : 1.5 ~ 3.0 重量%、Cr : 7 ~ 25 重量%、 $(Mo + W/2)$: 5 ~ 15 重量%を含有し、かつ、固溶炭素量が 0.2 ~ 0.45 重量%のマルテンサイト相中に 5 ~ 25 体積%の Cr_7C_3 型炭化物と 5 ~ 20 体積%の M_6C 型炭化物が総炭化物量で 10 ~ 30 体積%析出分散され、さらに、Si, Mn, Ni, P, S, B, N, V, Ti, Co, Cu, Al 等の合金元素の一種以上が含有される請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 12】

前記鉄系焼結摺動材料中の炭素量は、式

$$0.043 \times (Mo \text{ 重量\%} + 0.5 \times W \text{ 重量\%}) + 2 \times 0.085 \times (Cr \text{ 重量\%} - 5) + 0.2 \times (V \text{ 重量\%} - 0.5 + Ti \text{ 重量\%}) \leq (C \text{ 重量\%}) \leq 0.038 \times (Mo \text{ 重量\%} + 0.5 \times W \text{ 重量\%}) + 0.33 + 2 \times 0.085 \times (Cr \text{ 重量\%} - 5) + 0.2 \times (V \text{ 重量\%} - 0.5 + Ti \text{ 重量\%})$$

の範囲にある請求項 11 に記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 13】

前記鉄系焼結摺動材料は、少なくとも C : 1.5 ~ 3.2 重量%、Cr : 7 ~ 25 重量%、 $(Mo + W/2)$: 5 ~ 15 重量%を含有し、かつ、 $(V + Ti)$: 3 ~ 8 重量%の一種以上を含有して、固溶炭素量が 0.2 ~ 0.45 重量%のマルテンサイト相中に 5 ~ 20 体積%の Cr_7C_3 型炭化物と 5 ~ 20 体積%の M_6C 型炭化物および 5 ~ 15 体積%の MC 型炭化物が総炭化物量で 10 ~ 30 体積%析出分散され、さらに、Si, Mn, Ni, P, S, B, N, V, Ti, Co, Cu, Al 等の合金元素の一種以上が含有される請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 14】

前記鉄系焼結摺動材料においては、 $(Cr_7C_3 \text{ 型炭化物} + M_6C \text{ 型炭化物} + MC \text{ 型炭化物})$ が 5 ~ 25 体積%分散され、さらに、裏金硬さが Hv170 以上である請求項 5 ~ 13 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 15】

前記鉄系焼結摺動材料においては、少なくとも Si : 0.5 ~ 3.5 重量%を含有し、マルテンサイト相の焼戻し軟化抵抗性と鉄系焼結摺動材料中の適正炭素濃度を $0.1 \times Si \text{ 重量\%}$ の関係で高炭素側に調整し、さらに、 M_6C 型炭化物への濃縮によって低融点化を図り、焼結性を高めた請求項 5 ~ 14 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 16】

前記鉄系焼結摺動材料においては、少なくとも P : 0.1 ~ 1.5 重量%および/または B : 0.01 ~ 0.2 重量%が含有され、マルテンサイト母相および/または M_6C 型炭化物への濃縮による低融点化による焼結性と焼結接合性の改善および/または、 Fe_3P , Cr_2P , $FeMoP$, V_2P , $FeTiP$ 型の燐化物、硼化物の一種以上が ~ 10 体積%分散していることにより耐焼付き性の改善が図られる請求項 1 ~ 15 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 17】

前記鉄系焼結摺動材料においては、少なくとも Cu もしくは Cu 基合金相が粒状に 1 ~ 10 体積%分散されている請求項 5 ~ 16 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 1 8】

前記鉄系焼結摺動材料においては、少なくとも Cu もしくは Cu 合金相で囲まれて Mo 金属粒子もしくは Mo 基合金粒子が 0.5 ～ 10 体積% 分散されている請求項 5 ～ 17 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 1 9】

前記鉄系焼結摺動材料においては、少なくとも Ni : 1 ～ 5 重量%、Mn : 1 ～ 2 重量%、Co : 2 ～ 12 重量%、Al : 0.2 ～ 1.5 重量% の一種以上を含有する請求項 5 ～ 18 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 2 0】

前記鉄系焼結摺動材料においては、少なくとも平均粒径が 0.03 ～ 3.0 mm の閉塞化された気孔が 0.5 ～ 10 体積% 分散されている請求項 5 ～ 19 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 2 1】

前記鉄系焼結摺動材料においては、焼結接合後 900 ～ 1000℃ に降温保持した後、ガス冷却して形成させたマルテンサイト相が 150 ～ 350℃ で焼戻し処理が施された焼戻しマルテンサイト相である請求項 5 ～ 20 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材。

【請求項 2 2】

請求項 1 ～ 21 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材が適用されることを特徴とする複層焼結スラスト軸受。

【請求項 2 3】

鍍付きの円筒状形状であって、その円筒状内周面に作業機ブッシュが一体化され、この作業機ブッシュが多孔質焼結材料からなるとともに、その気孔中に潤滑油もしくは潤滑油とワックス類からなる潤滑組成物が充填されている請求項 22 に記載の複層焼結スラスト軸受。

【請求項 2 4】

請求項 1 ～ 21 のいずれかに記載の複層焼結摺動部材が適用され、建設機械用減速装置もしくは転輪装置のオイルシール装置として利用されることを特徴とする複層焼結フローティングシール。

【請求項 2 5】

前記鉄系焼結摺動材料に、(Cr₇C₃ 型炭化物 + M₆C 型炭化物 + MC 型炭化物) が 20 ～ 50 体積% 分散されている請求項 24 に記載の複層焼結フローティングシール。

【請求項 2 6】

請求項 22 または 23 に記載の複層焼結スラスト軸受とその相手摺動部材としての鋼製スラスト軸受とよりなる作業機連結装置であって、前記鋼製スラスト軸受が、浸炭、高周波焼入れ等の硬化熱処理を施した軸受であることを特徴とする作業機連結装置。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 複層焼結摺動部材、複層焼結スラスト軸受、複層焼結フローティングシールおよび作業機連結装置

【技術分野】**【0001】**

本発明は、建設機械用作業機連結装置に使用されるスラスト軸受等の複層焼結摺動部材に関し、より詳しくは、摺動面に耐摩耗性、耐焼付き性および耐ヒートクラック性に優れた鉄系焼結摺動材料を備えて鉄系裏金に一体化された複層焼結摺動部材、複層焼結スラスト軸受、複層焼結フローティングシールおよびその複層焼結スラスト軸受を適用してなる作業機連結装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、作業機連結装置において、大きなスラスト荷重を受けて摺動させるスラスト軸受としては、より高面圧、低速のグリース潤滑下での耐焼付き性と耐摩耗性を考慮して、浸炭や高周波焼入れした鋼製のスラスト軸受が用いられている。また、近年、イーザーメンテナンス化のニーズから、前記スラスト軸受の給脂間隔を延ばすために、例えば建設機械の作業機連結部に使用されるスラスト軸受として、WCと自溶性合金からなる耐焼付き性と耐摩耗性に優れた超硬溶射コーティングを鋼に施したスラスト軸受を使用することが一部実施されている。

【0003】

一方、建設機械の下転輪ローラアセンブリに組込まれるフローティングシールは、内部の潤滑油の漏れを防止するとともに、内部への土砂の侵入を防止するものであるために、耐食性に優れるとともに、硬質なCr₇C₃炭化物を30体積%以上に多量に晶出させることによってその焼付き性や耐摩耗性を改善した高硬度な高炭素高Cr鋳鉄で製造されていることが多い。

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

前記作業機連結装置のスラスト軸受部においては、侵入する土砂による噛み込みや、例えば油圧ショベルのバケット部に用いられる連結装置においては極めて大きな偏荷重が作用することから、焼付きや摩耗が顕著に起こり易いために、頻繁な作業前の給脂作業が必要となっている。

【0005】

また、前述の超硬溶射コーティングを施したスラスト軸受を適用した場合においても、その溶射コーティング層の耐焼付き性が十分でなく、かつ、硬質なコーティング層が薄いために破損し易く、その破損片の更なる噛み込みによって損傷することが問題となっている。

【0006】

また、前記スラスト軸受の耐焼付き性と耐摩耗性を向上させる材料としてS45Cを用いて、その摺動面に高周波焼入れを施したスラスト軸受がよく利用されている。しかし、このスラスト軸受は耐ヒートクラック性が良くても、耐焼付き性不足によるかじりが発生し易く、さらに耐摩耗性が十分でなく、また冷間工具鋼や高速度鋼（SKH材料）等の各種工具鋼を適用した場合には、その耐ヒートクラック性が十分でなく、それを原因とする焼付きが発生し易くなり、かつ、極めて高価な鋼材であるとともに、製品形状に仕上げるまでの材料歩留まりを考慮した時に材料費と機械加工費が高価になるという問題がある。

【0007】

前述の減速装置や転輪装置中の潤滑油を密封するフローティングシールは、その機構において、土砂中の糊摺り（もみすり）運動によって微細な土砂粒子がシール面に侵入しながら摩耗が進行するものであるとともに、密封する潤滑油によってそのシール面が潤滑されているものであるために、極めて潤滑条件が厳しく、高硬度な高炭素高Cr鋳鉄製のフ

ローティングシールでは、それらを組込む際のセット圧（押付け力）が高くなるとその摺動面において顕著な焼割れ（ヒートクラック）、焼付き、異常摩耗が発生し、油漏れを引き起こす問題がある。

【0008】

さらに、近年のブルドーザ等の建設機械においては、より高速走行による作業効率の向上が要望され、フローティングシールの高速回転化によっても同様の焼割れ、焼付き、異常摩耗が発生し、油漏れを引き起こす問題がある。

【0009】

またさらに、下転輪ローラアッセンブリ等の長寿命化によるコスト削減が要望されており、現状のフローティングシール用鋳鋼材料が十分な耐摩耗性を持たない問題がある。

【0010】

本発明は、このような問題点を鑑みてなされたもので、粉末焼結方法によって耐摩耗性、耐焼付き性および耐ヒートクラック性に優れた高密度に焼結された鉄系焼結摺動材料を提供し、さらに、その鉄系焼結摺動材料を焼結する工程においてその材料を鉄系裏金に焼結接合することによって、作業機連結装置における複層焼結スラスト軸受や複層焼結フローティングシールに用いられる複層焼結摺動部材を提供し、また前記複層焼結スラスト軸受を用いて成る作業機連結装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

前記目的を達成するために、第1発明においては、前記作業機連結装置等のスラスト軸受としての使用環境で重要な耐摩耗性と耐焼付き性を改善するために有効な炭化物をマルテンサイト相中に5～50体積％分散させ、かつ耐ヒートクラック性の改善を図るために、そのマルテンサイト相中に固溶する炭素濃度を0.15～0.5重量％の範囲に調整した高密度で高硬度な鉄系焼結摺動材料を鉄系裏金に一体化した複層焼結摺動部材、より具体的には複層焼結スラスト軸受を開発した（以下、「複層焼結摺動部材」の代表として、「複層焼結スラスト軸受」を中心に説明する。）。

【0012】

なお、前記分散炭化物量の下限値を5体積％としたのは、通常の摺動条件での耐焼付き性を向上させる硬質粒子分散効果が十分発揮されることがよく知られているからであり、また、その結果として、耐摩耗性も同時に改善されることがよく知られているからである。土砂の侵入に対する耐摩耗性や耐焼付き性を改善する場合に、より耐焼付き性に優れた炭化物、窒化物、炭窒化物、酸化物等のマルテンサイトより硬質な粒子を多く分散させることが有効であることは明らかであり、例えば、前記高速度鋼中の焼入れ後の炭化物量を参考にして8体積％以上が好ましいことは明らかである。

【0013】

また、前記炭化物量の上限値を50体積％としたのは、前述の高炭素高Cr鋳鉄中のCr₇C₃炭化物量が約35～50体積％であることを考慮し、これ以上の炭化物が析出すると脆くなり過ぎるためである。

【0014】

また、耐ヒートクラック性に優れたマルテンサイト相としては、炭化物を分散させないで耐ヒートクラック性が要求される熱間工具鋼（SKD6, SKD7, SKD61, SKD62, SKD8, 3Ni-3Mo鋼）等の含有炭素濃度を参考にして、炭素固溶量の上限値を0.5重量％とし、下限値を0.15重量％とした。

【0015】

さらに、耐土砂摩耗性を考慮した場合においては、マルテンサイト相の硬さがHRC50以上であることが好ましく、より安定した耐ヒートクラック性を確保するために、マルテンサイト相中の固溶炭素濃度を0.2～0.45重量％もしくは0.2～0.40重量％とするのが好ましいことは明らかである。

【0016】

また、前記マルテンサイト相中の固溶炭素濃度範囲が得られ易く、かつ、より硬質な炭

化物を得るために、第2発明においては、前記鉄系焼結摺動材料中に、少なくともCr: 6.5重量%以上、Mo: 3.5重量%以上および/またはV: 3重量%以上の一様以上を含有し、Cr₇C₃型、M₆C型および/またはMC型炭化物の一様以上を分散させることにした。ここで、この炭化物の総量は5~50体積%とするのが好ましい。

【0017】

また、複層焼結スラスト軸受としては、平板状、ドーナツ型平板状のものが好ましいことは明らかであるが、スラスト軸受の支持構造を別途作るよりも、円筒状部材の一端面にスラスト荷重を受けて摺動する鍔部を有する裏金形状とし、その摺動面に前記鉄系焼結摺動材料を一体化したスラスト軸受もしくはその鉄系裏金の円筒状内周面もしくは外周面に円筒状のCu合金系多孔質焼結摺動材料もしくはFe合金系多孔質焼結摺動材料からなる軸受を一体化した複層焼結スラスト軸受を開発した(第3発明、第23発明)。

【0018】

なお、前述の鉄系裏金に超硬溶射を施したスラスト軸受では、その裏金硬さが約Hv400以下の場合においては、土砂の噛み込みによって溶射膜が破損し易くなるために、溶射膜をより厚く形成する必要性があって、経済的に極めて不利になり易く、また裏金をより硬質にした場合においては、その溶射コーティング層を0.5mm以下に薄くできるが、裏金との接合強度がより弱くなることから、土砂の噛み込みや大きな偏荷重によって剥離、破損し易いことが問題となる。そこで、本発明においては、鉄系焼結摺動材料の厚さを0.5mm以上とするが、硬さがHv150の軟質な裏金(降伏強度35kgf/mm²)に焼結接合された鉄系焼結摺動材料が土砂の噛み込みによって破損、剥離しないように、その厚さを1mm以上とすることが好ましい。また、より摩耗性の激しい条件での使用環境であっても、4mmを越えて使用することは偏荷重によるたわみによる破損が起こり易くなることが予想されることや経済的でないことは明らかである。また、一般的に焼結接合された接合面の接合強度は、溶射膜の接合強度(5~10kgf/mm²)に較べて極めて強固なものであり、通常は焼結材料せん断強度とほぼ同じ程度の強度が確保されることが良く知られている。

【0019】

またさらに、前記第3発明の鍔付き形状のスラスト軸受は、その円筒部を作業機本体に圧入して固定されることから、その圧入のし易さや圧入後の抜けを防止するために、裏金硬さはHv170以上、好ましくは220以上に調整されていることが好ましく、また、後の機械加工性を考慮した場合には、Hv400以下であることが好ましい。

【0020】

また、前記鍔付きスラスト軸受を本体に圧入した場合において、鍔部と本体との隙間を0.2mm以下に調整することが難しく、また偏荷重が作用した時の本体の撓み量を考慮した場合においても、0.4mm程度の撓みによって前記焼結摺動材料が破損しないことが望まれる。

【0021】

また、前記多孔質焼結摺動材料としては、その気孔中において、潤滑油物質、言い換えれば潤滑油もしくは潤滑油とワックス類からなる滴点60℃未満の潤滑組成物が充填されていることが好ましいことは明らかである(第23発明)。

【0022】

また、一体化方法としては、あらかじめ焼結した鉄系焼結摺動材料をロー付けなどの方法で一体化することもできるが、その焼結時の高密度化過程において寸法安定性が確保され難く、接合前加工によって顕著なコストアップが避けられないことから、第4発明においては、鉄系焼結摺動材料のドーナツ円盤状成形体の内周面とその円板の下面が鉄系裏金の外周面と平板の上面に焼結接合されるように配置し、かつ、焼結接合時に発生するガスが接合面に溜まってガス欠陥を形成させないように、鉄系裏金外周面および/または平面部での接合面に焼結接合時に発生するガスのガス抜き穴と溝を設けた複層焼結スラスト軸受を開発した。

【0023】

なお、SKD1, SKD2, SKD11等の高炭素高Cr系工具鋼の標準焼入れ状態においては10~15体積%のCr₇C₃型炭化物が0.5~0.7重量%の炭素を固溶するマルテンサイト相中に析出分散するために、マルテンサイト相が高炭素であることから耐ヒートクラック性が十分でないことがわかり、第5発明においては、SKD材料系の適正焼入れ温度900~1000℃におけるFe-C-Cr三元系状態図(後述の図15)とその状態図における平衡関係(等炭素活量)を参考にして、5~40体積%のCr₇C₃型炭化物が分散して、かつマルテンサイト相中の固溶炭素量が0.45重量%を超えないようにするために、少なくともC:0.9~3.8重量%、Cr:6.5~35重量%を含有し、かつ式

$$0.143 \times (\text{Cr 重量}\%) - 1.41 \leq (\text{C 重量}\%) \leq 0.156 \times (\text{Cr 重量}\%) - 0.52$$

の関係を満足させるようにCrとC添加量を調整し、さらに、Si, Mn, Ni, P, S, N, B, Mo, V, Ti, W, Co, Cu, Al等の一種以上の合金元素が必要に応じて含有されてなる鉄系焼結摺動材料が鉄系裏金に焼結接合されてなる複層焼結スラスト軸受を開発した。

【0024】

また、前述のように境界潤滑下での摺動面発熱によって、摺動面のマルテンサイト相の硬さがHRC50以下に軟化することは、耐摩耗性、耐焼付き性の観点からも良くないことから、第6発明においては、後述するように600℃での焼戻しでHRC50以上、好ましくはHRC55以上に維持できるためのマルテンサイト相の焼戻し軟化抵抗性を高めるためのマルテンサイト相中のMo, W濃度は焼入れ温度900~1000℃を考慮して最大約4重量%固溶させることができるが、Mo, Wが最も効率的に焼戻し軟化抵抗性を高める2.5重量%を上限とすることが経済的に好ましいことから、マルテンサイト相中に分散するCr₇C₃型炭化物へのMoの濃縮量を考慮して、前記鉄系焼結摺動材料におけるMo, Wの添加量を~4重量%とした。また、そのMo, W下限添加量は、あえて限定されるものではないが、前記熱間工具鋼を参考にして、前記焼結接合後にガス冷却によって十分に焼入れ硬化する必要性を考慮して、0.5重量%以上であることが好ましく、1.5重量%がより好ましいことは明らかである。

【0025】

前記Mo, Wの場合と同様に、Vについて検討した場合、後述するようにVのマルテンサイト相への最大固溶濃度が約0.6重量%であり、Cr₇C₃型炭化物中に顕著に濃縮するために、鉄系焼結摺動材料中において約3.5重量%Vまで、MC型炭化物が析出することなく添加される。したがって、経済的な観点からはマルテンサイト相中のV濃度を0.5重量%とし、かつ5~40重量%Cr₇C₃型炭化物が分散する鉄系焼結摺動材料を想定して、0.5~3重量%Vを添加量とすることが好ましいことは明らかである。

【0026】

さらに、前記スラスト軸受よりも優れた耐摩耗性を必要とするフローティングシールに適用する場合においては、前記鉄系焼結摺動材料の耐摩耗性を高める必要性から、第7発明においては、少なくともC:1.9~3.8重量%、Cr:6.5~30重量%に、(V+Ti):3~8重量%の一種以上を添加して、固溶炭素量が0.2~0.45重量%のマルテンサイト相中にCr₇C₃型炭化物よりも硬質なMC型炭化物を5~15体積%析出分散させた鉄系焼結摺動材料を開発した。ここで、鉄系焼結摺動材料の靱性を考慮して、10~25体積%のCr₇C₃型炭化物と5~15体積%のMC型炭化物を総炭化物量で15~30体積%析出分散させるものとし、さらに、Si, Mn, Ni, P, S, B, N, Mo, W, Co, Cu, Al等の合金元素の一種以上を含有させるのが好ましい。

【0027】

なお、本発明においては、(V+Ti)添加によるMC炭化物が最大15体積%析出分散することから、この鉄系焼結摺動材料においては、(V+Ti)添加量に対して、適正な炭素量:0.2×(V重量%-0.5+Ti重量%)を追加添加することが必要であることは明らかである。

【0028】

高硬度なSKH2, SKH10, SKH54, SKH57等の高速度鋼は、少なくとも1200℃以上の焼入れ温度から焼入れ処理されることから、その標準焼入れ状態（焼入れ温度1200℃以上）においては、5～12体積%の Fe_3W_3C の結晶構造を基本とする M_6C 型炭化物と1～9体積%の V_4C_3 , WC の構造を基本とするMC型炭化物がマルテンサイト母相中に析出分散されているが、その総炭化物量が7～12体積%であって、マルテンサイト相中の固溶炭素濃度が0.5～0.6重量%になるように設定されていることから、前記高炭素高Cr系工具鋼と同じく、耐ヒートクラック性が十分でないことは明らかであり、第8発明においては、少なくともC:0.6～1.9重量%、Cr:1.0～7.0重量%、V:0～3重量%、および $Mo \geq 3.5$ 重量%で($Mo + 0.5 \times W$):4.5～30重量%を含有し、固溶炭素量が0.2～0.45重量%のマルテンサイト相中に5体積%以上の M_6C 型炭化物と5体積%以下のMC炭化物とが分散した組織からなり、さらに、Si, Mn, Ni, P, S, N, B, V, Ti, Co, Cu, Al等の一種以上の合金元素が必要に応じて含有されてなる鉄系焼結摺動材料が鉄系裏金に焼結接合されてなる複層焼結スラスト軸受を開発した。

【0029】

前記鉄系焼結摺動材料中に析出する M_6C 炭化物は高速度鋼の主体となる炭化物であり、前記 Cr_7C_3 型炭化物と比べて高温硬さに優れるとともに面心立方の結晶構造を持ち、靱性に優れることが容易に想像され、さらにMo、W濃度が極めて高く、摺動時の耐焼付き性を顕著に改善する特徴を有することは良く知られていることから、本発明においても、 M_6C 型炭化物が主体となるようにして耐焼付き性の向上を図ったものである。

【0030】

なお、本発明におけるマルテンサイト相中の固溶炭素量の調整方法としては、従来の高速度鋼の熱処理データ（佐藤、西沢、「金属学会報」2（1963）、P564）に基づいて、鉄系焼結摺動材料組成がそれらの高速度鋼組成と同一であっても、鉄系焼結摺動材料を焼結接合した複層焼結スラスト軸受の焼入れ温度を900～1100℃に採ることによって調整されることは明らかであり、さらに、焼入れ温度を900～1000℃に設定することがより好ましいことは明らかである。

【0031】

さらに、前記第5発明と同様、第9発明においては、900～1000℃の $Fe-C-Mo$, $Fe-C-W$ の状態図（後述の図16, 図17参照）を参照しながら、鉄系焼結摺動材料におけるMo, W, V添加量に対する炭素量を、式

$$0.043 \times (Mo \text{ 重量\%} + 0.5 \times W \text{ 重量\%}) + 0.2 \times (V \text{ 重量\%} - 0.5 + Ti \text{ 重量\%}) \leq (C \text{ 重量\%}) \leq 0.038 \times (Mo \text{ 重量\%} + 0.5 \times W \text{ 重量\%}) + 0.33 + 0.2 \times (V \text{ 重量\%} - 0.5 + Ti \text{ 重量\%})$$

で適正化して、マルテンサイト相中の固溶炭素量を0.2～0.45重量%に調整した鉄系焼結摺動材料を焼結接合した複層焼結スラスト軸受を開発した。

【0032】

また、後述するように鉄系焼結摺動材料を焼結接合したスラスト軸受の原理は減速装置や足回り転輪に使用されるフローティングシールに適用することが可能であり（第24発明）、この場合においては、鉄系焼結摺動材料に、(Cr_7C_3 型炭化物+ M_6C 型炭化物+MC型炭化物)が20～50体積%分散されているのが好ましい（第25発明）。耐摩耗性をより高める観点から、第10発明においては、少なくともC:1.3～3.0重量%、Cr:1.0～7.0重量%、V:3.0～8.0重量%、および、 $Mo \geq 3.5$ 重量%で($Mo + 0.5 \times W$):7～20重量%を含有し、かつ、固溶炭素量が0.2～0.45重量%のマルテンサイト相に10～25体積%の M_6C 型炭化物と5～15体積%のMC型炭化物が分散した組織からなり、さらに、Si, Mn, Ni, P, S, B, N, V, Ti, Co, Cu, Al等の合金元素の一種以上が含有される高硬度な鉄系焼結摺動材料を焼結接合した複層焼結スラスト軸受を開発した。

【0033】

第8, 9, 10発明は、Mo, Wを主体にした鉄系焼結摺動材料を焼結接合したスラスト軸受であり、Cr₇C₃型炭化物を主体に分散させた鉄系焼結摺動材料に比べて経済的に好ましくはなく、Cr₇C₃型炭化物とM₆C型炭化物を混合分散させた鉄系焼結摺動材料も複層焼結スラスト軸受に効果的であることは明らかであることから、第11発明においては、少なくともC: 1.5~3.0重量%、Cr: 7~25重量%、(Mo+W/2): 5~15重量%を含有し、耐摩耗性に優れた5~25体積%のCr₇C₃型炭化物と耐焼付き性に優れた5~20体積%のM₆C型炭化物からなる10~30体積%の炭化物(Cr₇C₃型炭化物+M₆C型炭化物)を固溶炭素量が0.2~0.45重量%のマルテンサイト相中に分散し、さらに、Si, Mn, Ni, P, S, B, N, V, Ti, Co, Cu, Al等の合金元素の一種以上が必要に応じて含有されてなる鉄系焼結摺動材料が鉄系裏金に焼結接合されてなる複層焼結スラスト軸受を開発した。

【0034】

前記第11発明において、(Cr₇C₃型炭化物+M₆C型炭化物)と固溶炭素量が0.2~0.45重量%のマルテンサイト相からなる鉄系焼結摺動材料中の適正炭素濃度(C重量%)は、式

$$0.043 \times (\text{Mo重量}\% + 0.5 \times \text{W重量}\%) + 2 \times 0.085 \times (\text{Cr重量}\% - 5) + 0.2 \times (\text{V重量}\% - 0.5 + \text{Ti重量}\%) \leq (\text{C重量}\%) \leq 0.038 \times (\text{Mo重量}\% + 0.5 \times \text{W重量}\%) + 0.33 + 2 \times 0.085 \times (\text{Cr重量}\% - 5) + 0.2 \times (\text{V重量}\% - 0.5 + \text{Ti重量}\%)$$

の範囲にあることは明らかである(第12発明)。

【0035】

なお、鉄系焼結摺動材料の原料粉末の入手性を考慮し、その経済性を考慮した場合においては、第5発明と第8発明の原料粉末を所定の割合で混合して使用することが好ましいことは明らかである。

【0036】

前記第12発明における鉄系焼結摺動材料の耐摩耗性と靱性をより改善するために、第13発明においては、少なくともC: 1.5~3.2重量%、Cr: 7~25重量%、(Mo+W/2): 5~15重量%を含有し、かつ、(V+Ti): 3~8重量%の一種以上を含有して、固溶炭素量が0.2~0.45重量%のマルテンサイト相中に5~20体積%のCr₇C₃型炭化物と5~20体積%のM₆C型炭化物および5~15体積%のM₆C型炭化物が総炭化物量で10~30体積%析出分散され、さらに、Si, Mn, Ni, P, S, B, N, V, Ti, Co, Cu, Al等の合金元素の一種以上が含有される高硬度な鉄系焼結摺動材料が鉄系裏金に焼結接合されていることを特徴とする複層焼結スラスト軸受を開発した。

【0037】

前記第5~13発明に記載の鉄系焼結摺動材料中の炭化物量が5体積%以上に増量するにつれて、その焼結摺動材料の耐摩耗性と耐焼付き性が改善されることは明らかであるが、その炭化物の増量につれて強度の劣化と靱性の劣化が避けられない問題となり、前述のように偏荷重のかかり易いスラスト軸受にとってはとりわけ曲げ強度とその最大たわみ量が重要であり、450(もしくは500)MPa以上の曲げ強度(200MPa以上の接合面における剪断強度)とその破断時の最大たわみ量0.4mm以上を確保することが望まれることから、第14発明においては、前述の鉄系焼結摺動材料中の炭化物総量が30体積%以下になるように調整され、かつ、前述の焼入れした鉄系焼結摺動材料は150~350℃の低温焼戻し処理が施されるものが好ましいこととしたが、炭化物総分散量を25体積%以下にすることがより好ましいことは明らかである。

【0038】

また、前記鉄系焼結摺動材料の焼結接合後の焼入れ操作は、焼結接合後に前述のように1100℃以下もしくは900~1000℃に降温、保持した後に、ガス冷却による焼入れ操作を施し、鉄系焼結摺動材料は十分に焼入れ硬化されるが、鉄系裏金がフェライト、パーライト、ベイナイト、マルテンサイト相の2種以上の混合組織になるようにして、焼

結接合した鉄系焼結摺動材料の焼割れ、剥離の発生することを防止することが好ましいことは明らかである。さらに、第3発明のように、円筒状裏金の一端面に鍍付き部を設けたスラスト軸受においては、その円筒部を作業機本体に圧入して固定する必要性があることから、裏金硬さが少なくともHv170以上で、好ましくは220以上に硬化される鋼材で構成されることとした。

【0039】

Siはマルテンサイト相に多く固溶し、マルテンサイト相の焼戻し軟化抵抗を顕著に高める経済的な元素であることから、例えばSKD6, SKD61, SKD62等の炭化物を分散させないで使用する熱間工具鋼においては積極的に添加されている。鉄系焼結摺動材料においては焼結性を顕著に高めることと焼結時や焼入れ時のオーステナイト相中の炭素活量を高め、マルテンサイト相中の固溶炭素濃度を $0.1 \times \text{Si}$ 重量%の関係で低減する作用があること、さらに鉄系焼結摺動材料中に分散するM₆C型炭化物へ濃縮することによってM₆C型炭化物の低融点化を図り、より焼結性を高めることから、第15発明においては、少なくともSi:0.5~3.5重量%を含有し、鉄系焼結摺動材料中の適正炭素濃度を $0.1 \times \text{Si}$ 重量%の関係で高炭素側に調整されることを特徴とする鉄系焼結摺動材料を鉄系裏金に焼結接合した複層焼結スラスト軸受を開発した。

【0040】

なお、Siは顕著な αFe 相を安定化する合金元素であり、Siの添加によって、A1, A3変態温度を顕著に高温側に引上げる作用を示すために、摺動面における耐ヒートクラック性を高める作用を示すと考えられるが、各種合金元素の単位重量%当りのA3変態温度変化($\Delta A3 = ^\circ\text{C}/\text{重量}\%$, Si:+40, Al:+70, Mo:+20, V:+40, W:+12, Mn:-30, Ni:-15, C:-220)からわかるように、Si以外にもAl, Mo, V, Wも耐ヒートクラック性を高めることがわかる。しかし、Siやこれらの合金元素が多く共存する場合においては、よりフェライト相が安定化し、適正な焼入れ処理が出来なくなるので、本発明においては、M₆C型炭化物を主体的に分散させている高速度鋼においては $\text{Si} \leq 0.4$ 重量%であることから、Siの下限添加量を0.5重量%とした。また、Siの上限添加量は、熱力学的に計算されるFe-Si-C-X4元系状態図(図1(a), (b), (c)参照)を参考にして、Cr₇C₃型炭化物を主体的に分散させる第5~7発明におけるマルテンサイト相組成(0.45重量% C-5重量% Cr)を検討した場合、3.5重量% Siの添加が可能であることから3.5重量%とした。また、M₆C型炭化物を主体として分散させる第8, 9, 10発明におけるマルテンサイト相組成(0.45重量% C-3重量% Mo-0.5重量% V)では2.5重量%とすることが好ましい。

【0041】

また、0.5~3.5重量% Siを添加する場合においては、オーステナイト相を安定化するNi, Mnを添加することによってA1, A3変態温度の低減を図ることが好ましいことから、Ni:1~5重量%および/またはMn:1~2重量%を添加することが好ましいことがわかる。(図1(a), (b), (c)参照、第19発明)

【0042】

さらに、前述したように本発明の鉄系焼結摺動材料は900~1000℃の低い焼入れ温度からの焼入れを実施することから、焼結性を阻害しないNi, Cuのオーステナイト安定化元素を添加することが極めて好ましいことは明らかである。

【0043】

前記第1発明~第15発明における鉄系焼結摺動材料を鉄系裏金に焼結接合するに際しては、鉄系焼結摺動材料をまず高密度に焼結させるためおよび、鉄系裏金に十分強固に接合させるために、その焼結接合過程において液相成分を発生させ易くすることと、鉄系焼結摺動材料中に分散するM₆C型炭化物へ濃縮することによってそのM₆C炭化物の低融点化を図り、より焼結性と焼結接合性を高めること、および/または、Fe₃P, Cr₂P, FeMoP, V₂P, FeTiP型の一種以上の燐化合物を~10体積%分散させて、耐焼付き性を改善する必要がある。そこで、第16発明においては、P:0.1~1.

5重量%を添加する鉄系焼結摺動材料を焼結接合した複層焼結スラスト軸受を開発した。さらに、焼結時の液相量を増し、焼結接合性を高める元素として、Bが0.01~0.2重量%添加されることがより好ましいことは明らかである。

【0044】

さらに、同様の焼結接合性を改善する観点と、前記耐ヒートクラック性を向上させる観点から、第17発明においては、前記鉄系焼結摺動材料中に軟質なCuもしくはCu基合金相を粒状に1~10体積%分散させ、摺動面における馴染み性を高め、さらに、摺動中に局所的なオイルポケットを形成され易くした複層焼結スラスト軸受を開発した。

【0045】

なお、Cu基合金としては、摺動性の観点からSn, Al, P, Fe, Niの一種以上が含まれて、その摺動特性が改善されていることが好ましいことは明らかである。

【0046】

さらにまた、第18発明においては、前記CuもしくはCu合金相で囲まれて、Mo金属粒子もしくはMo基合金粒子が0.5~10体積%分散されることによって、Mo金属特有の固体潤滑性による鉄系焼結摺動材料の耐焼付き性を改善した複層焼結スラスト軸受を開発した。

【0047】

なお、Mo金属相粒子とCu粒子もしくはCu合金粒子と共存させる理由は、Mo金属相粒子が鉄系焼結摺動材料と反応し、固溶することを防止するためである。

【0048】

さらに、前記鉄系焼結摺動材料中に含有されるNi, Mn, Cuは、前述のように、オーステナイト安定化元素であって、焼入温度の低温度化に有効であり、かつ焼結性を高め、さらに、残留オーステナイト相を鉄系焼結摺動材料中に形成させ、摺動面における馴染み性を改善し、ヒートクラックの発生抑制や焼付き性の改善などに寄与することは明らかであるが、過剰な添加は残留オーステナイトの増加による耐摩耗性の劣化に繋がることや、Niが高価な元素であることから5重量%を上限添加量とし、Mnは焼結性を阻害し易い元素であることから2重量%を上限添加量とした(第19発明)。

また、Coは2~12重量%の添加により、マルテンサイト母相の磁気変態温度を高めてマルテンサイト相の焼戻し軟化抵抗性を高め、Alは0.2~1.5重量%の添加により、マルテンサイト相の焼戻し軟化抵抗性を高める。

【0049】

さらにまた、第20発明においては、適当なサイズのSiO₂粒子(中空粒子でも可)を鉄系焼結摺動材料用原料粉末に~5重量%添加し、焼結時にSiO₂が炭素還元されて、平均粒径が0.03~3mmの閉塞化された空孔が0.5~10体積%の範囲で形成されるようにして、摺動面での局所的なオイルポケットを形成され易くようにした。

【0050】

さらに、炭化物形成元素としてのZr, Nb, Hf, Ta等やその他Ca, S, Nも必要性の範囲で添加されることが出来ることは明らかである。

【0051】

なお、前記鉄系焼結摺動材料は、1100℃以下、もしくは900~1000℃の焼入れ温度で焼入れられて使用されるものであるが、マルテンサイト相の靱性を回復させるために、150~350℃で焼き戻されて使用されることが好ましいことは明らかである(第21発明)。また、450~600℃の高温焼戻し処理による焼戻し二次硬化を図るのは、前記フローティングシールにおいて、初期馴染み性が悪く、初期の油漏れが発生しやすいことが知られていることから、本発明においては、焼戻しの上限温度を350℃に設定したものである。したがって、本発明の製造方法としては、焼結接合後、900~1000℃に炉内で降温保持した後にガス冷却してマルテンサイト相を形成させ、その複層焼結摺動部材を150~350℃で焼き戻される方法がより経済的に好ましいことは明らかである。

【0052】

また、第26発明においては、第22発明または第23発明に係る複層焼結スラスト軸受とその相手摺動部材としての鋼製スラスト軸受とよりなる作業機連結装置であって、前記鋼製スラスト軸受が、浸炭、高周波焼入れ等の硬化熱処理を施した軸受であることを特徴とする作業機連結装置を提供するものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0053】

(第1の実施形態)

図2には、本発明の第1の実施形態に係る油圧ショベル全体斜視図(a)およびバケット連結部を説明する分解斜視図(b)がそれぞれ示されている。また、図3には、本発明の第1の実施形態に係るバケット連結装置の概略構造説明図が示されている。また、図4(a)～(c)にはスラスト軸受の構造説明図がそれぞれ示されている。

【0054】

本実施形態に係る油圧ショベル1の作業機2は、上部旋回体3から順に、ブーム4、アーム5およびバケット6がそれぞれブーム連結装置7、アーム連結装置8およびバケット連結装置9によって連結構成されている。これら連結装置7, 8, 9は、基本的には同一の構造とされており、例えばバケット連結装置9は、主に作業機連結ピン10および作業機ブッシュ11を備えて構成されている。以下にアーム5とバケット6との連結部に配されるバケット連結装置9Aの詳細構造について図3を参照しつつ説明することとする。

【0055】

前記バケット連結装置9Aは、バケット(一側の機械構成要素)6と、このバケット6に形成されたブラケット6a, 6aに支持される作業機連結ピン(支持軸)10およびその作業機連結ピン10に外嵌される作業機ブッシュ(軸受ブッシュ)11, 11を介して配されるアーム(他側の機械構成要素)5とを、互いに回転可能に連結し、かつバケット6とアーム5との間に作用するスラスト荷重を受支するスラスト軸受12, 12を備えて構成されている。このバケット連結装置9Aにおいて、作業機ブッシュ11はアーム5の先端部に圧入され、作業機連結ピン10はブラケット6aにピン固定用通しボルト13によって固定されている。なお、符号14で示されるのは、シール装置である。また、符号15および16で示されるのは、それぞれ潤滑剤供給口および潤滑剤供給路である。

【0056】

前記スラスト軸受12は、図4(a), (b), (c)に示されるように摺動面(図の上面)においてスラスト荷重を受けながら回転揺動する機能を有し、耐摩耗性、耐焼付き性、耐ヒートクラック性に優れた硬質な鉄系焼結摺動体20が鉄系裏金21a, 21bに焼結接合されて構成されている。

【0057】

図4(a)は中空円盤状の裏金21aに中空円盤状の鉄系焼結摺動体20が焼結接合された例である。バケット連結装置としてのスラスト軸受の支持方法としては、図4(b)に示されるように円筒状の裏金21bの一端面に鍔部21cを設けて、この鍔部21cの摺動面に鉄系焼結摺動体20を焼結接合しても良い。また、図4(c)に示されるように、円筒状の裏金21bの内周面にFe合金系またはCu合金系多孔質焼結体からなり、その気孔に潤滑油や潤滑油とワックスからなる潤滑組成物が充填された作業機ブッシュ22を一体化して構成しても良い。このようにすれば、アーム先端部に圧入される際の圧入力を高め、鍔部21cでのスラスト荷重を受ける仕組みからして、ブッシュの抜け出しを防止することができる。

【0058】

本実施形態においては、耐摩耗性、耐焼付き性および耐ヒートクラック性に優れた鉄系焼結摺動材料を鉄系裏金に焼結接合するに際して、その焼結摺動体が高密度に焼結され、かつ裏金に高強度に接合するように焼結時に鉄系焼結摺動体に液相を発生させる必要があり、その際に多量のガスが発生し、裏金との接合面にガス溜まりによる接合欠陥が発生し易いことから、図5に示されるように鉄系裏金21bと摺動体20との接合面にガス抜き穴23および溝24が不可避免的に形成されている。なお、図5(b)は図5(a)のA部

拡大図、図5(c)は平面図である。

【0059】

また、図6に示されるように、摺動体20側にガス抜き穴23Aおよび溝24Aを設けるようにしても良い。なお、図6(b)は図6(a)のB-B断面図である。

【0060】

本実施形態において、スラスト軸受の裏金に焼結接合される鉄系焼結摺動材料は、高面圧なスラスト面圧に耐え、かつ、潤滑条件の悪い状況下で耐摩耗性、耐焼付き性および耐ヒートクラック性を改善する必要があることから、少なくとも10体積%以上の炭化物と固溶炭素量が0.15~0.4重量%のマルテンサイト相からなる組織を有するものとした。

【0061】

また、スラスト軸受にかかる偏荷重が極めて大きいことから、炭化物の分散量としては30体積%を超えず、好ましくは25体積%以下として、マルテンサイト相は150~350℃の範囲で焼戻し処理が施され、靱性を回復した状態で使用することが好ましい形態である。

【0062】

さらに、利用する炭化物としては、硬質で安価な Cr_7C_3 型炭化物および／または耐熱硬さに優れ、焼結摺動材料中で析出分散する M_6C 型炭化物を主体として利用することが経済的にも好ましい形態であって、 MC 型炭化物は経済的な観点からも5体積%以下に抑えて利用することが好ましい。

【0063】

また、 P :0.1~1.5重量%を Fe 合金の状態に添加し、鉄系焼結摺動体の焼結密度向上と焼結接合性の改善、さらには Fe_3P 、 Cr_2P 、 $FeMoP$ 、 V_2P 、 $FeTiP$ 型等の燐化合物を析出させて、耐焼付き性の改善を図ることとした。また、 M_6C 型炭化物については、 P 、 Si が濃縮して、 M_6C 型炭化物を顕著に低融点化することから、 M_6C 型炭化物を主体として分散させる鉄系焼結摺動材料に対しては、 P を0.3重量%以上添加することが好ましい。

【0064】

またさらに、 Cu もしくは Cu 基合金相を粒状に~10体積%の範囲で分散するように添加することで、摺動面における馴染み性改善と摺動途中での優先摩耗によって摺動面にオイルポケットを形成させることにより耐焼付き性と耐ヒートクラック性の改善を図ることは好ましい形態である。

【0065】

さらに、 SiO_2 粒子を鉄系焼結摺動材料に添加しておき、焼結時において、 SiO_2 を還元し、残りの Si を鉄系焼結摺動材料中に拡散固溶させることによって、 SiO_2 跡に閉塞気孔を形成し、摺動面のオイルポケットとして利用することによって耐焼付き性と耐ヒートクラック性の改善を図ることも好ましい形態である。

【0066】

また、前記鉄系焼結摺動体としての厚さは、従来の溶射コーティング皮膜が0.1~0.3mm以下で施工されていることを勘案した場合に土砂の噛み込みや偏荷重による皮膜の剥離、破損が観察されていることから、0.5mm以上とし、耐摩耗寿命との関係から上限厚さが決められることが好ましい形態である。

【0067】

また、耐摩耗性の観点からは、鉄系焼結摺動体の硬さを $Hv600$ 以上に確保しておくことが好ましい形態である。

【0068】

(第2の実施形態)

図7には、本発明の第2の実施形態に係るバケット連結装置の概略構造説明図が示されている。

【0069】

本実施形態においては、アーム 5 部に圧入されるスラスト軸受 25 とバケットブラケット 6 a 部に配置されるスラスト軸受 26 をいずれも鍍付き型のスラスト軸受としたものである。バケットは作業内容に応じて適時交換して利用することが多く、かつメンテナンスが容易であることから、バケットブラケット 6 a 用のスラスト軸受 26 の摺動面は前記鉄系焼結摺動材料を利用することなく、例えば、炭素鋼や低合金鋼を高周波焼入れしたものや浸炭した安価なスラスト軸受を利用することが経済的に好ましい。図 8 に示されるように摺動面（高周波焼入れ硬化摺動面）27 に潤滑用グリースやそれに代わる潤滑組成物が摺動面に供給され易いような適正な溝（アール溝 28 a、ダイヤ型溝 28 b）や窪み（ディンプル窪みもしくは穴 29）を設けて、耐焼付き性、耐ヒートクラック性の改善を図ることが好ましい形態である。

【0070】

（第 3 の実施形態）

図 9 には、本発明の第 3 の実施形態に係るバケット連結装置の概略構造説明図が示されている。

【0071】

本実施形態において、その基本構成は図 7 に示される第 2 の実施形態と同様である。ただ、本実施形態の作業機ブッシュ 11 A は多孔質で、その気孔中に潤滑組成物が充填された鉄合金系焼結体で構成され、かつ前記第 1 の実施形態もしくは第 2 の実施形態のスラスト軸受を組合せ、バケット連結装置の給脂間隔時間を延長化できるようにすることが好ましい形態である。

【0072】

また、図 10 に示されるように、Mo を主体とする硬質な溶射皮膜 30 を 0.1 mm 以上形成させた作業機ピンを組合せることによって、より給脂間隔の延長化を図ることが可能になり、バケット連結装置の給脂間隔時間を延長化できるようにすることはさらに好ましい形態である。

【0073】

（第 4 の実施形態）

図 11 には、転輪アセンブリの要部構造説明図が示されている。本実施形態は、転輪アセンブリにおけるフローティングシール装置に本発明が適用された例である。

【0074】

本実施形態に係る転輪アセンブリ 36 は、転輪リテーナ 49 と、この転輪リテーナ 49 に支持される転輪シャフト 50 およびその転輪シャフト 50 に外嵌される転輪ブッシュ（鍍付ブッシュ）51 を介して配される転輪ローラ 52 とが、互いに回転可能に連結された構造とされている。この転輪アセンブリ 36 において、フローティングシール装置 53 は、シール面が相接するように配される一対のシールリング 54、54 と、各シールリング 54 に外嵌される O リング 55 を備え、向き合った一対のシール面が、圧縮して取り付けられた O リング 55 の弾性力によって転輪シャフト 50 の軸方向に押し付けられ、適当な面圧で接しながら摺動し、外部からの水、土砂等の侵入と内部からの潤滑油の漏洩を防止するように構成されている。そして、一対のシールリング 54、54 のシール面に、少なくとも 10～50 体積%の炭化物と固溶炭素濃度が 0.15～0.4 重量%に調整されたマルテンサイト相からなる鉄系焼結摺動材料が焼結接合されている。なお、図 12 に示されるように、フローティングシールリング焼結接合方法およびガス抜き穴 23、溝 24 を有する構造は図 5、図 6 に示されるスラスト軸受とほぼ同じである。

【0075】

本実施形態によれば、より耐焼付き性と耐ヒートクラック性に優れたフローティングシール装置を提供することができるが、より耐摩耗性を改善するためには鉄系焼結摺動材料中に析出分散させる炭化物量を 45 体積%にまで増加させ、かつ、マルテンサイト相中の固溶炭素濃度を 0.15～0.4 重量%になるように Cr, Mo, W, V の合金元素添加量を調整することと、焼結接合後の焼入れ温度を 1100℃以下、好ましくは 900～1000℃に設定することがより好ましい。

【0076】

また、歯車減速装置等に利用される大径のフローティングシール装置においては、そのシール面での摺動速度が速くなり、とりわけ、耐焼付き性と耐ヒートクラック性に優れたフローティングシールが必要とされるが、本実施形態によれば、鉄系焼結摺動材料中にCu粒子もしくはCu基合金粒子、Mo金属粒子および／または気孔を～10体積%の範囲で分散させることが好ましい。また、鉄系焼結摺動材料中の通気性のある気孔を通しての水等の浸入を防止するために、鉄系焼結摺動材料に対して樹脂溶浸による封孔処理を施すことが好ましい。

【実施例1】

【0077】

(鉄系焼結摺動材料の焼結後の平衡組成調査)

本実施例では、Fe-0.6重量% C-0.3重量% Si-0.45重量% Mn-15重量% Cr-3重量% Mo-1.2重量% V合金粉末と、Fe-0.6重量% C-0.3重量% Si-0.35重量% Mn-9重量% Cr-6重量% Mo-4重量% W-2.0重量% V合金粉末をベースにして、さらに、#350アンダーのNi, Co, Si, Fe Al, Fe P粉末および6μm平均径の黒鉛粉末を調整して表1に示す3種類の焼結合金混合粉末を混合調整し、さらに、混合調整した焼結用混合粉末に3重量%のパラフィンワックスを添加したものを1.0トン/cm²の圧力でプレス成形したA, B組成の成形体を1190℃で、C組成の成形体を1135℃でそれぞれ2時間真空焼結し、1000℃に炉冷した後に、400torrの窒素ガスで冷却焼入れを実施し、その焼結体試験片を切断研磨後に、X線マイクロアナライザー(EPMA)によってマルテンサイト母相とその母相に析出分散する炭化物中の各種合金元素濃度を調査した。その調査結果が表2に示されている。

【0078】

【表1】

EPMA分析用焼結合金組成(wt%)

	C	Si	Al	Mn	Cr	Mo	V	W	Ni	Co	P
A	3	0.8	0.7	0.4	15	3	1.3	-	2	3	0.25
B	3	0.6	-	0.4	15	3	1.5	-	4	-	0.25
C	3	0.6	-	0.2	9	6	2	4	4	-	0.3

【表2】

焼結シールのEPMA分析結果(wt%)

	No.	相およびK	C	Si	Al	Cr	Mo	V	W	Ni	Co
PM15Cr3Mo3Co	A	母相	0.8	0.8	0.9	6.2	2.1	0.27		2.1	4
		M7C3	8.45	0.04	0.02	40	4.9	4.7		0.2	0.9
		KM7		0.05	0.02	6.45	2.33	17.41		0.10	0.23
PM15Cr3Mo4Ni	B	母相	0.8	0.86		7.12	2.16	0.34		5.2	
		M7C3	8.42	0.03		39.9	4.96	4.67		0.36	
		KM7		0.03		5.60	2.30	13.74		0.07	
PM9Cr6Mo4W	C	母相	0.7	0.85		4.27	1.52	0.37	1.23	5.33	4.96
		M7C3	7.61	0.04		27.7	3.72	6.79	3.61	0.49	1.2
		KM7		0.05		6.49	2.45	18.35	2.93	0.09	0.24
		M6C	1.85	2.02		4.08	30.3	2.1	28.4	2.11	2.46
		KM6		2.38		0.96	19.93	5.68	23.09	0.40	0.50

【0079】

前記焼結合金 A, B は高 Cr な 15Cr-3Mo 系合金に 3 重量%の Co と 2 重量%または 4 重量%の Ni を添加した合金であり、マルテンサイト母相と型炭化物のみが平衡するものであり、焼結合金 C は Mo, W 濃度を高めて、マルテンサイト母相中に型炭化物と M₆C 型炭化物が平衡するようにしたものである。

【0080】

表 2 中の母相、M₇C₃ および M₆C 欄はそれぞれの合金元素濃度を示しており、KM₇ は型炭化物と母相間の合金元素 M の分配係数（型炭化物と母相間の合金元素重量%/母相中の合金元素重量%）、KM₆ は M₆C 型炭化物と母相間の合金元素の分配係数（M₆C 型炭化物中の合金元素重量%/母相中の合金元素重量%）を示しているが、それら各合金元素の分配係数を比較することによって、各種合金元素の特徴が検討できる。

【0081】

また、これらの結果を用いて、Cr₇C₃ 型および M₆C 型炭化物中の合金元素濃度とそれと平衡する母相の中の合金元素濃度関係が図 13、図 14 にそれぞれ示されているが、各元素に関してはほぼ一定の比率で合金元素が分配されることおよび、鉄系焼結摺動材料組成が異なっていた場合においても、分配係数はほぼ同じになることがわかる。

【0082】

例えば、

- (1) Si, Al は M₇C₃ 型炭化物にほとんど固溶せずにはほぼ全量がマルテンサイト母相中に濃縮し、マルテンサイト相の焼戻し軟化抵抗性を高めること、
- (2) V は M₇C₃ 型炭化物への Cr, Mo, W よりもより多く濃縮し、Cr₇C₃ 型炭化物の微細化を図るが、M₆C 炭化物へはあまり濃縮せず、M₆C 炭化物とマルテンサイト相からなる鋼材においては MC 型炭化物として析出し易く、マルテンサイト相の焼戻し軟化抵抗性を顕著に高めること、
- (3) Mo, W は M₇C₃ 型炭化物よりも M₆C 型炭化物に顕著に濃縮すること、
- (4) Cr は Cr₇C₃ 炭化物に顕著に濃縮するが、M₆C 炭化物へはほぼ濃縮しないこと、
- (5) Ni, Co はいずれの炭化物よりもマルテンサイト母相中に濃縮すること等がその分配係数を用いることによって定量的にわかる。

【0083】

前記各種合金元素の分配係数に基づいて、代表的な SKD, SKH 工具鋼材の成分から、それら鋼材の標準焼入れ温度から焼入れたマルテンサイト母相組成と炭化物量を解析した結果が表 3 に示されているが、SKD 材料（SKD1, SKD2, SKD11, D7: 焼入れ温度 950℃）のマルテンサイト母相は、Cr: 6~7.5 重量%、C: 0.55~0.75 重量%に調整され、Cr₇C₃ 炭化物が~20 体積%分散した組織となっており、マルテンサイト相中の固溶炭素量が高いことから、例えば耐ヒートクラックを配慮した熱間加工用工具鋼（例えば、SKD7, SKD6, SKD61, SKD62）と比べて十分でないことがわかる。また、SKH 材料（SKH2, SKH9）においてもマルテンサイト相中の固溶炭素量が 0.5~0.55 重量%と比較的高いことから、十分なる耐ヒートクラック性が実現されないことがわかる。

【0084】

【表3】

各種SKDおよびSKH鋼材のマルテンサイト母相組成(重量%)と分散する炭化物量(体積%)の解析結果

										炭化物量(体積%)		
鋼材記号		C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	Co	Cr7C3	M6C	MC
SKD1	鋼材組成	2.1	0.35	0.52	12.9					18%		
	母相組成	0.7	0.43		6.6							
SKD2	鋼材組成	2.08	0.32	0.53	12.7		2.7			17%		
	母相組成	0.7	0.4		6.5		2.1					
SKD11	鋼材組成	1.46	0.37	0.44	11.8	0.95		0.31	3.48	12%		
	母相組成	0.5			7.4	0.8		0.14	3.8			
D7	鋼材組成	2.25	0.31	0.41	12.4	1.07		4		19%		1.60%
	母相組成	0.5	0.4		6.3	0.82		0.7				
SKD12	鋼材組成	0.99	0.29	0.68	4.7	0.89		0.39		5%		
	母相組成	0.7	0.3		3.8	0.8		0.25				
SKD61	鋼材組成	0.38	1.02	0.39	4.8	1.2		0.89		0%		
	母相組成	0.38	1.02		4.8	1.2		0.7				
SKD62	鋼材組成	0.37	1.01	0.36	4.9	1.11	1.09	0.34		0%		
	母相組成	0.37	1.01	0.36	4.9	1.11	1.09	0.34				
SKH2	鋼材組成	0.73	0.2	0.41	4.21	0	18.6	1			15%	
	母相組成	0.5	0.16		4.3	0	4.3	0.6				
SKH9	鋼材組成	0.89	0.26	0.42	4.49	4.73	6.72	2.5			12%	1.30%
	母相組成	0.5	0.21		4.5	1.45	1.8	0.7				

注記) Cr₇C₃炭化物: 8.5重量%, M₆C型炭化物: 2重量%, MC炭化物: 15重量%

【0085】

したがって、SKD工具鋼と同等以上の耐摩耗性を発揮させるための10体積%以上の炭化物を分散させながら、かつ熱間加工用工具鋼の耐ヒートクラック性を兼ね備える鉄系焼結摺動材料を得る方法としては、少なくとも、マルテンサイト相中の固溶炭素量が0.5重量%以下であることが好ましく、さらに、マルテンサイト相中の固溶炭素量が0.4重量%以下であることがより好ましいことは明らかである。

【0086】

また、焼割れ性が問題となり易い高周波焼入れ方法においても、通常0.5重量%以下の炭素鋼や合金鋼が選ばれていることと類似していることは明らかである。

【0087】

またさらに、Cr₇C₃炭化物とマルテンサイト相を主体とする鉄系焼結摺動材料においては、焼結接合後の焼入れ温度を900~1000℃とした場合において、マルテンサイト相中の固溶炭素量を0.2~0.4重量%にする条件として、900℃におけるFe-C-Cr三元状態図(図15)中の2本のTie-Line A, Bで挟まれる鉄系焼結摺動材料中のCr重量%に対する適正な炭素量(C重量%)が次式で与えられることがわかる。

$$0.143 \times \text{Cr重量\%} - 1.41 \leq (\text{C重量\%}) \leq 0.156 \times \text{Cr重量\%} - 0.52$$

【0088】

また図15には、Cr₇C₃型炭化物が10, 20, 30, 40体積%分散する組成位置を破線で示しているが、Cr₇C₃型炭化物を10体積%分散させる条件として(Cr重量%) ≥ 10重量%、40体積%以下とする条件が(Cr重量%) ≤ 35重量%であることがわかる。

【0089】

さらに、本出願人が特願2002-380203号に記載したように、マルテンサイト相の焼戻し軟化抵抗性をより高めることは、境界潤滑下で、かつ土砂の侵入がある摺動面での耐焼付き性と耐摩耗性を顕著に改善することはよく知られており、600℃の焼戻し処理によってもHRC50以上で、さらにHRC55以上に維持されることが極めて好ましいことであり、マルテンサイト相中の固溶炭素量が0.15~0.4重量%である場合のマルテンサイト相中に固溶する各種合金元素による焼戻し軟化抵抗係数から、

$26.2 \leq 3 \times (\text{Si 重量}\% + \text{Al 重量}\%) + 2.8 \times (\text{Cr 重量}\%) + 11 \times (\text{Mo 重量}\%) + 7.5 \times (\text{W 重量}\%) + 25.7 \times (\text{V 重量}\%)$

の関係を満足させることによって合金設計されることは明らかである。

【0090】

したがって、図15に示されるようにマルテンサイト相中のCr重量%が平均的に約7重量%で、かつSiが0.3重量%程度含有されていることから、例えば、焼戻し軟化抵抗の不足分をMo単独で解消させるMoの最低添加量が0.5重量%であることがわかる。また、Moの最大固溶度が後述の図16 (Fe-C-Mo系状態図) から約4重量% (at 1000℃) であり、さらに、前述の10~40体積%のCr₇C₃型炭化物に濃縮するMoを考慮すると、好ましいMo添加量は0.6~6.5重量%であることがわかる。

【0091】

また後述の図17 (Fe-C-W状態図) を参考にすると、Wについてもほぼ同じ議論ができることは明らかであり、鉄系焼結摺動材料に対するMo, Wの具体的な添加量はほぼ0.6~7.0重量%であることは明らかであるが、Mo, Wが最も効率よく焼戻し軟化抵抗性を高める2.5重量%までをマトリックス相の最大固溶量とすることによってMo, W添加量を4重量%以下に留めることが経済的にも好ましいことは明らかである。

【0092】

また、Vは前述のようにCr₇C₃炭化物に顕著に濃縮し、マルテンサイト相中に留まる量が極めて少なくなるため、マトリックス相の焼戻し軟化抵抗性を高める元素としては非効率であるが、VはCr₇C₃炭化物を微細化する作用を示すために、マルテンサイト相中にVの最大固溶量0.5重量%を固溶させた場合の鉄系焼結摺動材料に対するV添加量は1.1~3.9重量% (10~40体積%Cr₇C₃型炭化物) であり、Cr₇C₃型炭化物を主体として分散させる鉄系焼結摺動材料においては、4重量%以下にと留めることが経済的にも好ましいことは明らかである。

【0093】

M₆C型炭化物が主体となり、さらにMC型炭化物が分散するSKH系焼結摺動材料のマルテンサイト相中の固溶炭素濃度に関しては、佐藤、西沢の報告 (「金属学会報」2 (1963)、P564、第3図 炭化物の固溶に伴う基質中の炭素濃度変化) を参考にし、そのマルテンサイト相中の固溶炭素濃度を0.4重量%以下に調整するための簡便な方法が焼結接合後の焼入れ温度を900~1100℃の温度範囲に設定することであり、通常のSKH系高速度鋼における焼入れ温度が1200~1350℃であることに比べ、著しく低温度側での焼入れ操作が本発明の基本の1つとなる。

【0094】

さらにまた、上述のFe-C-Cr系状態図を使ったものと同様の検討が、図16と図17に示したFe-C-Mo, Fe-C-W系状態図に基づいて展開できることは明らかであり、M₆C型炭化物と平衡するマルテンサイト相の炭素固溶度が0.15, 0.4重量%を通るTie-Line A, Bは、同図中に数値化して示した通りであって、Fe-C-Mo系とFe-C-W系のTie-Lineを比較すると、Fe-C-W系のTie-Lineの勾配はMoのその約1/2であること、M₆C型炭化物と平衡するマルテンサイト相中のMo, Wの重量%濃度がほぼ同じであることから、MoとWが共存添加された場合のM₆C型炭化物とマルテンサイト相の組成平衡関係が $0.5 \times \text{W 重量}\% = \text{Mo 重量}\%$ として、Fe-C-Mo系状態図から読み取れることがわかり、前記Tie-Line A, Bから数値化される鉄系焼結摺動材料中の適正炭素濃度 (C重量%) が、式

$0.043 \times (\text{Mo 重量}\% + 0.5 \times \text{W 重量}\%) \leq (\text{C 重量}\%) \leq 0.038 \times (\text{Mo 重量}\% + 0.5 \times \text{W 重量}\%) + 0.33$

で簡略的に記述できることが明らかである。

【0095】

また、このことから、Mo を主体的に使用して、W 添加量を極力抑えることがより経済的であること、さらに、鉄系焼結摺動材料の焼結性やマルテンサイト相の焼戻し軟化抵抗性を高める観点からも Mo を主体として添加することが好ましく、W を添加しなくてもよいことは明らかである。

【0096】

さらに、先の Mo, W, Cr 等の合金元素の分配係数 K_{M_6} から、 M_6C 炭化物 10 ~ 40 体積% に相当する Mo, W を $(\text{Mo 重量}\% + 0.5 \times \text{W 重量}\%) : 6 \sim 20 \text{ 重量}\%$ と適正に求めることができることがわかる。

【実施例 2】

【0097】

(鉄系焼結摺動材の焼結接合試験とその摺動特性評価)

本実施例では図 18 に示される形状の鍍付きスラスト軸受を用いて、図 19 に示される揺動試験機により、片当り状態での 1 トン毎の 500 サイクル揺動試験を行い、耐ヒートクラック性と耐焼付き性を発生した荷重で評価した。比較鋼材としては、S U J 2, S K D 6, S K D 1 1, S K H 9 の標準焼入れ焼戻し鋼材と S C M 4 2 0 H 材に表面炭素量が 0.8 重量% になるように 930℃ で浸炭焼入れ焼戻したスラスト軸受を用いた。

【0098】

表 4 に示す鉄系焼結摺動材料を S 5 0 C 炭素鋼の鍍部に 1130 ~ 1280℃ の温度範囲で焼結接合し、その焼結接合性を超音波探傷法で評価した。なお、表 4 に示した No. 15 ~ No. 22 の鉄系焼結摺動材料は、表 4 の No. 11 に示した合金鋼粉末をベースにして、さらに、# 200 メッシュ以下の Cu, Cu-10 重量% Sn, Fe 25 重量% P, Cu 8 重量% P, SiO₂ 破碎粉末, CaF₂ 粉末および # 300 メッシュ以下の Si、平均粒径 6 μm の Mo, Ni, Co, 黒鉛 (ロンザ社製 K S 6) 粉末、さらに 0.03 ~ 0.5 mm の黒鉛/Cu メッキ粒子を適正に配合したものである。

【0099】

【表 4】

実施例2に使用するFe焼結摺動材料の組成(重量%)

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Fe ₉₅ P	Si ₃ N ₄	Cu	Cu ₁₀ Sn	Cu ₆ P	SiO ₂	Gr/Cu	Mo/Cu	接合率	耐荷重	PV値
No.1	0.6	2	0.37		2.5	1		0.4	3.5								96%	9	2.4
No.2	1.3	0.24	0.35		2.5	1		4.5	4								98%	15	
No.3	1.1	0.24	0.35		2.5	1		4.5	4.8								99%	13	2.9
No.4	1.1	0.24	0.35		2.5	1		4.5	6.5	2.5							98.5%	16	
No.5	1	0.28	0.36		8	1.5		0.4	2								86%	13	
No.6	1.5	0.28	0.36		8	1.5		0.4	1								95%	7	
No.7	1	3.5	0.36		8	1.5		0.4	2	2.5							98%	17	
No.8	1.5	0.5	0.34		12	1		0.5	1								97%	13	
No.9	1.5	0.5	0.34		12	1		0.5	2								99%	15	3.1
No.10	2.5	0.5	0.34		12	1		2	1								99%	7	2
No.11	3	0.6	0.37	2	15	3		1.3	1								99%	7	2.1
No.12	1.5	0.6	0.37	2	15	3		1.3	1								99%	16	3.3
No.13	1	0.6	0.37	2	15	3		1.3	2								98%	19	3.8
No.14	2	2.5	0.37	2	15	3		1.3	1								87%	18	3.4
No.15	3	0.6	0.32		25			2.5	0.5								98%	24	4.8
No.16	3	0.6	0.37	2	15	3		1.3	1		10						99%	10	2.8
No.17	3	0.6	0.37	2	15	3		1.3	1			10					99%	14	3.5
No.18	3	0.6	0.37	2	15	3		1.3					10				99%	10	2.9
No.19	2	0.6	0.37	2	15	3		1.3	1	2.5							97%	20	3.2
No.20	3(2)	0.6(1.77)	0.37	2	15	3		1.3	1					2.5			98%	26	5.2
No.21	2	0.6	0.37	2	15	3		1.3	1			5			1		99%	28	4.8
No.22	2	0.6	0.37	2	15	3		1.3	1			5				10	99%	25	4.7
No.23	1.2	0.23	0.29		4.5	5.1	6.2	2									93%	11	2.5
No.24	0.9	0.23	0.29		4.5	5.1	6.2	2	2								99%	20	3.9
No.25	0.9	0.23	0.29		4.5	5.1	6.2	2	4								99%	24	4.8
No.26	1	0.25	0.31		4	12		2	1								97%	26	4.9
No.27	1.7				4	12		6	2								99%	30	5.5
No.28	3	0.6	0.21	0	9	6	4	2	1								99%	11	2.4
No.29	1.5	0.6	0.21	0	9	6	4	2	2								99%	26	4.4
No.30	1.5	0.6	0.21	4	9	6	4	2	1								99%	27	4.8
SUJ2																		5	
SKD6																		9	
SKD11																		6	1.6
SKH9																		8	2.2
SCM420H浸炭																		4	1.3
FC15Cr3Mo																			1.6
FC9Cr6Mo																			1.8

【0100】

また、表4の配合原料には、3重量%のワックスを添加して、ハイスピードミキサーを使って、100℃で10分間混合造粒したものを図18に示すドーナツ状平板に成形圧力1トン/cm²の条件で成形し、真空焼却炉を用いて前記焼結温度で焼結接合した後に、960℃まで炉冷し、500torrのN₂ガス冷却による焼入れを行い、さらに20

0℃で2時間の焼戻し処理を施した。

【0101】

表4中には、焼結接合率とヒートクラックもしくは焼付きの発生する荷重も示されている。

【0102】

No. 1～4の合金は、V添加によるMC型炭化物を5体積%以上と Fe_3P 、 V_2P の燐化合物を分散析出させたものであって、マルテンサイト相中の固溶炭素量とその燐添加量は0.9～1.6重量%と多量に配合し、鉄系焼結摺動材料の焼結性と鉄系裏金に対する焼結接合性を改善し、またSUJ2, SKD6, SKD11, SKH9, 浸炭焼入れ鋼と比べ、耐ヒートクラック性が燐化合物とMC型炭化物によって顕著に改善されることがわかる。

【0103】

また、No. 5～No. 15の比較において、No. 6、No. 11のマルテンサイト相中の固溶炭素量が0.5重量%を超えるもの以外の耐ヒートクラック性は顕著に改善され、さらに、No. 15に示すように Cr_7C_3 型炭化物の量的増大によって、耐ヒートクラック性が改善されることがわかる。また、No. 12とNo. 14の比較によって、Si添加によってマルテンサイト相中の固溶炭素濃度が低減することによって、耐ヒートクラック性が改善されていることがわかる。

【0104】

なお、No. 11合金はフローティングシール用焼結摺動材料として耐食性と耐摩耗性に優れた基準組成として利用しているものであって、No. 16～No. 18はこのNo. 11合金をベースにCu粒子もしくはCu合金粒子を分散させたものであって、これらの添加による焼結性、焼結接合性にマイナス因子はなく、その耐ヒートクラック性はNo. 11との比較において顕著に改善されていることがわかる。また、その組織は図20(a)に示されるように、Cu粒子が粒状に分散され、摺動時の馴染み性改善に好都合であることがわかる。また、Cu10重量%Sn合金を添加したNo. 17が耐ヒートクラック性により効果的であることは明らかである。

【0105】

No. 19は炭化物以外に Si_3N_4 を分散させたものであるが、マルテンサイト相の固溶炭素濃度を0.4重量%以下に下げ、 Cr_7C_3 型炭化物との共存によって、顕著に耐ヒートクラック性が改善されているが、これはNo. 4、No. 7との比較において、 Si_3N_4 粒子分散による作用がより大きいことを示唆している。

【0106】

No. 20はNo. 11に2.5重量%の SiO_2 を添加して、焼結時の炭素による強力な還元作用によって SiO_2 を還元し、 SiO_2 粒子跡に気孔を形成させたものであり(図20(b))、焼結後の焼結材料中の炭素量を2重量%、Siを1.77重量%に調整したものであるが、その耐ヒートクラック性は SiO_2 還元気孔による潤滑促進作用によって、顕著な耐ヒートクラック性の改善が認められる。

【0107】

また、No. 21, 22は固体潤滑材となる黒鉛、Mo金属相を分散させたものであって、顕著な耐ヒートクラック性の改善が発現していることがわかる。

【0108】

No. 23～No. 27は M_6C 型炭化物を主体として分散させた合金であるが、Pの添加によって、焼結性と焼結接合性が顕著に改善されるとともに、燐化合物(FeMoP)の分散によって、耐ヒートクラック性が改善され、さらに、 M_6C 炭化物の増量によっても耐ヒートクラック性が改善されることがわかる。なお、図21はNo. 24の焼結組織を示したもので、焼結時に形成される M_6C 型炭化物とMC型炭化物が粒界に析出し、また、960℃の焼入れ温度への降温過程で粒内にそれらの炭化物および燐化合物(FeMoP もしくは Cr_2P)が析出していることがわかる。さらに、粒界に析出している M_6C 型炭化物とMC型炭化物をX線マイクロアナライザーで分析した結果から(図21中

に示す)、P、SiはMC炭化物から顕著に排出されるのに対して、M₆C型炭化物へは顕著に濃縮しており(別の分析結果から、その分配係数 K_{Si6} 、 $K_{P6}=2$)また、その析出形態において共晶組織的な様子がうかがえることから、M₆C型炭化物の低融点化によって焼結性が改善されていることがわかる。

【0109】

No. 28~No. 30はCr₇C₃型炭化物とM₆C型炭化物を共存させたものであるが、極めて焼結性と焼結接合性に優れるとともに、顕著な耐ヒートクラック性を示す合金であることが明らかである。

【実施例3】

【0110】

(鉄系焼結摺動材料のフローティングシール特性評価)

本実施例では、実施例2の表4に示した組成の混合粉末を図22(a)に示すリング形状に成形圧力1トン/cm²の条件で成形し、SS鋼材から加工したベース材に配置した後、真空雰囲気炉を使って、焼結層の相対密度が93%以上になるように、1100~1280℃の温度で2時間焼結接合し、960℃に炉冷却した後に、30分間保持して400torrのN₂ガス雰囲気下で焼入れ処理を施し、焼入れ後に200℃で2時間の焼戻し処理を施したものを作成した。

【0111】

前記焼結接合試験片を図22(b)に示す形状に研削後、図中に示すシール面部をラップ加工して仕上げた後に、図23に示す摺動試験機を用いて空中で耐ヒートクラック性と耐焼付き性の評価を実施し、SiO₂が約50重量%含有する泥水中で耐摩耗性の調査を実施した。

【0112】

なお、耐ヒートクラック性と耐焼付き性は、シール荷重(線圧=荷重/シール位置長さ)を2kg/cmとした条件で摺動抵抗が増大する回転速度を調査することによって求め、耐摩耗性は、線圧2kgf/cm、シール面での周速1m/secの条件で500時間連続試験後のシール当り位置の移動量(mm)で評価した。なお、異常摩耗性を示す合金については線圧を1kgf/cmに下げて耐摩耗性を調査し、図24と表4の右欄に耐ヒートクラック性を示すPV値として示した。

【0113】

また、前記耐摩耗性と耐焼付き性の比較材料として、Fe-3.4C-1.5Si-15Cr-2.5Mo-1.5NiとFe-3.5C-1.5Si-9Cr-6Mo-4.5W-2V-2Ni-3Co組成の鑄鉄シール材料(FC15Cr3Mo, FC9Cr6Mo)および表4に記載のSKD11, SKH9を取り上げ、その結果についても図24と表4に示した。

【0114】

表4中に示した各合金のPV値はほぼ実施例2で評価した耐ヒートクラック限界荷重と同じ傾向を示すことがわかる。

【0115】

また、図24中の破線は、建設機械のフローティングシールとして望まれる耐摩耗性基準を示したものであって、例えば、Cr₇C₃型炭化物が約15体積%分散されるNo. 12合金以上の炭化物が分散した焼結合金が好ましく、炭化物量の増加に伴って耐摩耗性が改善されることから、Cr₇C₃および/またはM₆C型炭化物が20体積%以上含有されることがより好ましいことは明らかである。

【0116】

さらに、実施例2で明らかなように耐ヒートクラック性に課題を持つNo. 10, No. 11, No. 28と前記高炭素高Cr, Mo鑄鉄では、線圧2kgf/cmで耐摩耗性を評価した場合においては、微細なヒートクラックを伴う顕著な異常摩耗性を示すが、マルテンサイト相中の固溶炭素量を0.5重量%以下に制御した焼結合金においては試験終了後にヒートクラックは観察されないことがわかった。

【実施例 4】

【0117】

(鉄系焼結摺動材料の抗折強度と靱性)

本実施例では、実施例 2 の表 4 に記載の No. 11, No. 12, No. 24 の鉄系焼結摺動材料を例として、その抗折強度と靱性について調査し、その結果を各含有する炭化物体積%に対して図 25 に示した。なお、図 25 において、No. の後に記号/Temp. が付されているもの (例えば No. 11/Temp.) は焼戻し処理を施したものを示している。

【0118】

960℃からの焼入れ後に、200℃における焼戻しによって、前記焼結摺動材料の抗折強度が改善されると共に最大たわみ量も大きくなって靱性が改善されることがわかるが、特に、No. 11 のようにマルテンサイト相中の固溶炭素量が多くかつ炭化物量が多い焼結合金ほどその傾向が強くと現れている。

【0119】

また、200℃焼戻し処理を施した焼結摺動材料においては、炭化物量が多くなるほど抗折強度が低下し、大きな偏荷重を受けるスラスト軸受等では時として 60 kgf/mm² 程度の曲げ応力が作用する場合が多いので、炭化物量を 25 体積%以下として利用するが、20 体積%以下とすることがより好ましいことは明らかである。図 11 に示したようにフローティングシールはゴム製 O リングを介したシール機構で使用されることから、その曲げ応力が 10 kg/mm² を越えることが無いことから、鉄系焼結摺動材料に分散される炭化物量は 50 体積%程度まで可能となるが、40 体積%以下の範囲で利用することがより好ましいことは明らかである。

【0120】

なお、後述するように、オーステナイトと Cr₇C₃ 型炭化物の平衡状態における各種合金元素 M の分配係数 $K_{M7} = (Cr_7C_3 \text{ 炭化物中の合金元素 M 重量\%濃度} / \text{オーステナイト相中の合金元素 M 重量\%濃度})$ を比較すると、 $V > Cr > Mo > W$ の順で Cr₇C₃ 炭化物への濃縮傾向が強く、V が Cr₇C₃ 炭化物を効果的に微細化することが明らかであり ($K_{V7} : 17$ 、 $K_{Cr7} : 6.5$ 、 $K_{Mo7} : 2.5$ 、 $K_{W7} : 2.9$)、Si, Al, Ni, Co の各元素は Cr₇C₃ 炭化物から顕著に排出され、オーステナイト相中に濃縮する傾向が強いことを明らかにしている。

【0121】

また、オーステナイトと M₆C 型炭化物の平衡状態における各種合金元素 M の分配係数 K_{M6} を先と同様に比較すると、 $W > Mo > V > Si, P$ の順で M₆C 炭化物に濃縮するが ($K_{W6} : 23$ 、 $K_{Mo6} : 20$ 、 $K_{V6} : 5.5$ 、 $K_{Si6} : 2.4$)、Cr は僅かに M₆C 炭化物から排出されオーステナイト相に濃縮し、Ni, Co は顕著に M₆C 炭化物から排出されることを明らかにしている。

【0122】

なお、後述するように、V はオーステナイトと Cr₇C₃ 型炭化物の平衡時にはオーステナイト中の V 濃度の 17 倍濃度で Cr₇C₃ 型炭化物に濃縮するために、10、20、30、40 体積%の Cr₇C₃ 型炭化物と共存しながら、オーステナイト中の V 濃度が 0.5 重量%を越えて V が MC 型炭化物を形成させるための鉄系焼結摺動材料に対する V 添加量はそれぞれ 1.1、1.7、2.3、3.9 重量%以上でなくてはならないことが計算され、Cr₇C₃ 炭化物を主体に分散させる鉄系焼結摺動材料においては、V 添加による MC 型炭化物の析出による耐摩耗性の改善を図ることは経済的でなく、V 添加は焼結時における Cr₇C₃ 型炭化物の粗大化防止の観点から 0.5～4 重量%の範囲にとどめることが好ましいことが分かる。

【0123】

ただし、M₆C 型炭化物を主体として MC 型炭化物を分散させる場合には、M₆C 型炭化物への V の濃縮がさほど大きなもので無いことから、10、20、30、40 体積%の M₆C 型炭化物と共存しながら、オーステナイト中の V 濃度が 0.5 重量%を越えて V が

MC型炭化物を形成させるための鉄系焼結摺動材料に対するV添加量はそれぞれ0.74、0.97、1.21、1.44重量%以上でなくてはならないことが計算され、M₆C炭化物を主体に分散させる鉄系焼結摺動材料においては、V添加によるMC型炭化物の析出による耐摩耗性の改善が効率的に図られることがわかるが、さらに、このことはM₆C型とMC型炭化物の合計が約13体積%を含有する高速度鋼SKH10(SAE T15)においてV添加によるMC型炭化物量を約10体積%に高めて、耐摩耗性を顕著に改善していることと符合しており、本発明の最大添加量としては、MC炭化物が20体積%を上限として、10重量%としたが、このMC型炭化物を多く分散させる場合には、V、以外にもTi、Nb、Zr等の合金元素が多量に必要となり、鉄系焼結摺動材料の経済性が悪くなるので、SKH10以外の高速度鋼に分散されるMC型炭化物を参考にして、5体積%以下であっても好ましいことは明らかである。

【0124】

また、前記鉄系焼結摺動材料にV、Ti、Nb、Zr等が添加され、MC型炭化物が分散される場合の鉄系焼結摺動材料の適性炭素量はMC型炭化物に使用される炭素量が余分に添加されることが必要であって、V添加の場合にはV₄C₃組成比でV添加重量%の0.2倍の炭素重量%、Ti、Nb、Zrについては0.25、0.13、0.13倍の炭素量が増量されることが目安となることは明らかである。

【図面の簡単な説明】

【0125】

【図1】Fe-Si-C-X4元系状態図

【図2】本発明の第1の実施形態に係る油圧ショベルの全体斜視図(a)およびバケット連結部を説明する分解斜視図(b)

【図3】本発明の第1の実施形態に係るバケット連結装置の概略構造説明図

【図4】スラスト軸受の構造説明図

【図5】スラスト軸受の裏金に設けたガス抜き穴、溝の例を示す図

【図6】スラスト軸受の摺動体に設けたガス抜き穴、溝の例を示す図

【図7】本発明の第2の実施形態に係るバケット連結装置の概略構造説明図

【図8】鋼製スラスト軸受摺動面の各種油溝、窪みのパターン例を示す図

【図9】本発明の第3の実施形態に係るバケット連結装置の概略構造説明図

【図10】本発明の第3の実施形態の変形例に係るバケット連結装置の概略構造説明図

【図11】転輪アセンブリの要部構造説明図

【図12】複層フローティングシールの構造を示す断面図

【図13】Cr₇C₃型炭化物中の合金元素濃度とそれに平衡する母相中の合金元素濃度との関係を示すグラフ

【図14】M₆C型炭化物中の合金元素濃度とそれに平衡する母相中の合金元素濃度との関係を示すグラフ

【図15】Fe-C-Cr三元状態図

【図16】Fe-C-Mo三元状態図

【図17】Fe-C-W三元状態図

【図18】鍍付きスラスト軸受の試験片形状を示す断面図

【図19】揺動試験機の説明図

【図20】No. 17、No. 20の焼結組織を示す写真

【図21】No. 24の焼結組織を示す写真およびX線マイクロアナライザー分析結果

【図22】焼結接合試験片形状を示す図

【図23】フローティングテスターの概略図

【図24】フローティングシールの耐摩耗性の試験結果

【図25】鉄系焼結摺動材料の抗折強度と韌性の試験結果

【符号の説明】

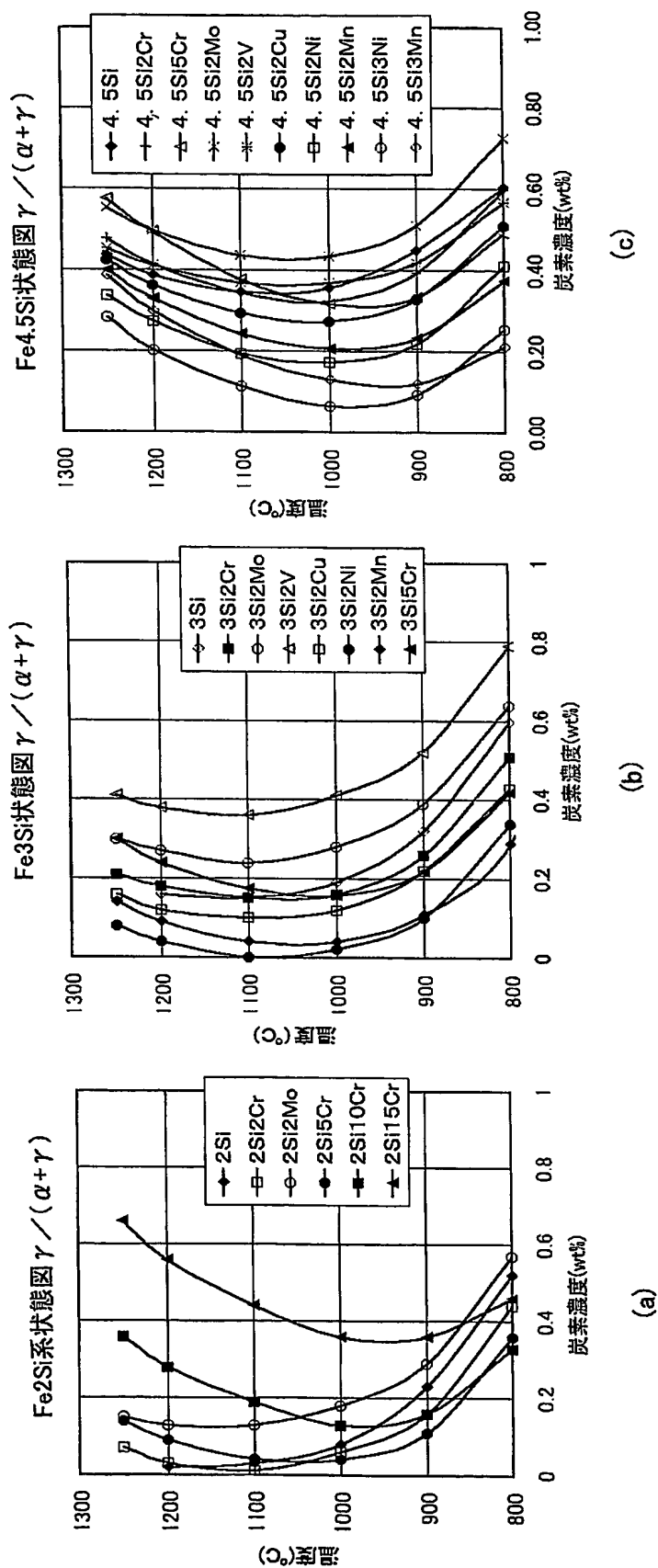
【 0 1 2 6 】

- 1 油圧シヨベル
- 2 作業機
- 7 ブーム連結装置
- 8 アーム連結装置
- 9, 9 A バケット連結装置
- 1 0 作業機連結ピン
- 1 1, 2 2 作業機ブッシュ
- 1 2 a, 1 2 b, 2 5, 2 6 スラスト軸受
- 2 0 鉄系焼結摺動体
- 2 1 a, 2 1 b 鉄系裏金
- 2 1 c 鋳部
- 2 3, 2 3 A ガス抜き穴
- 2 4, 2 4 A 溝
- 2 7 摺動面
- 3 6 転輪アッセンブリ
- 5 1 転輪ブッシュ
- 5 3 フローティングシール装置

【書類名】 図面

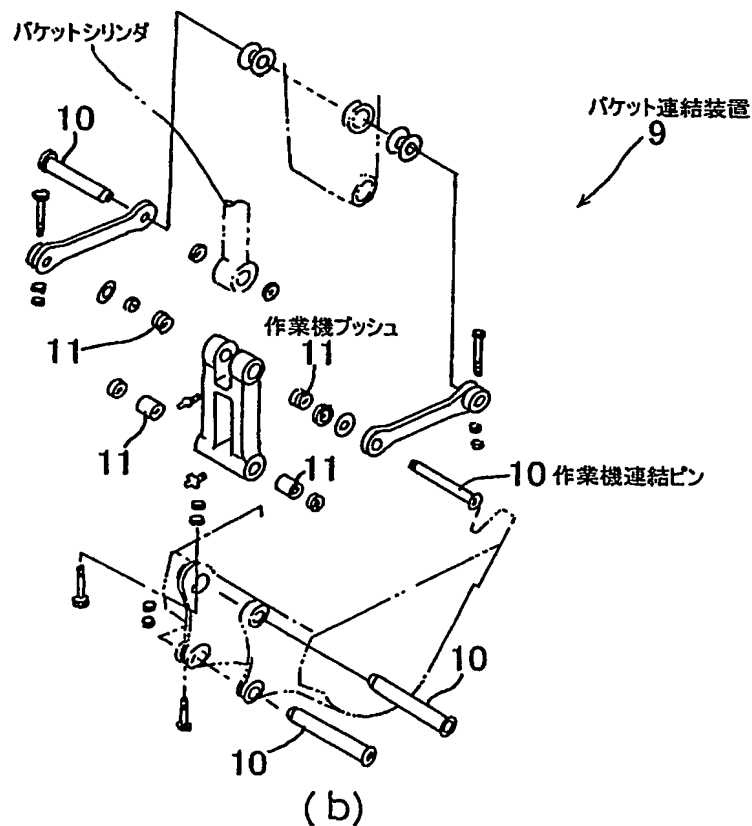
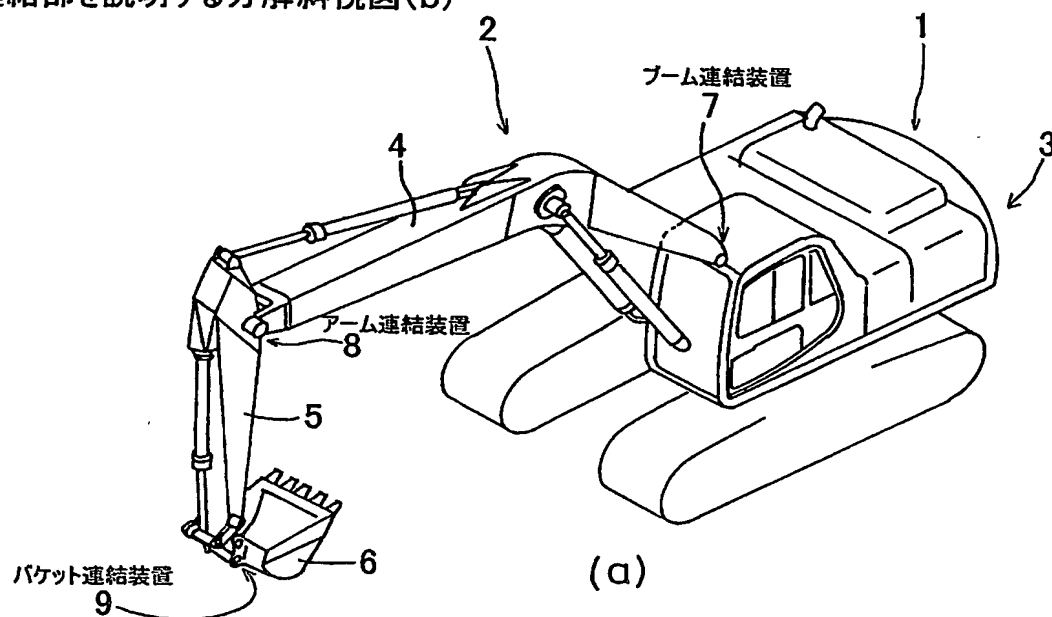
【図 1】

Fe-Si-C-X4元系状態図



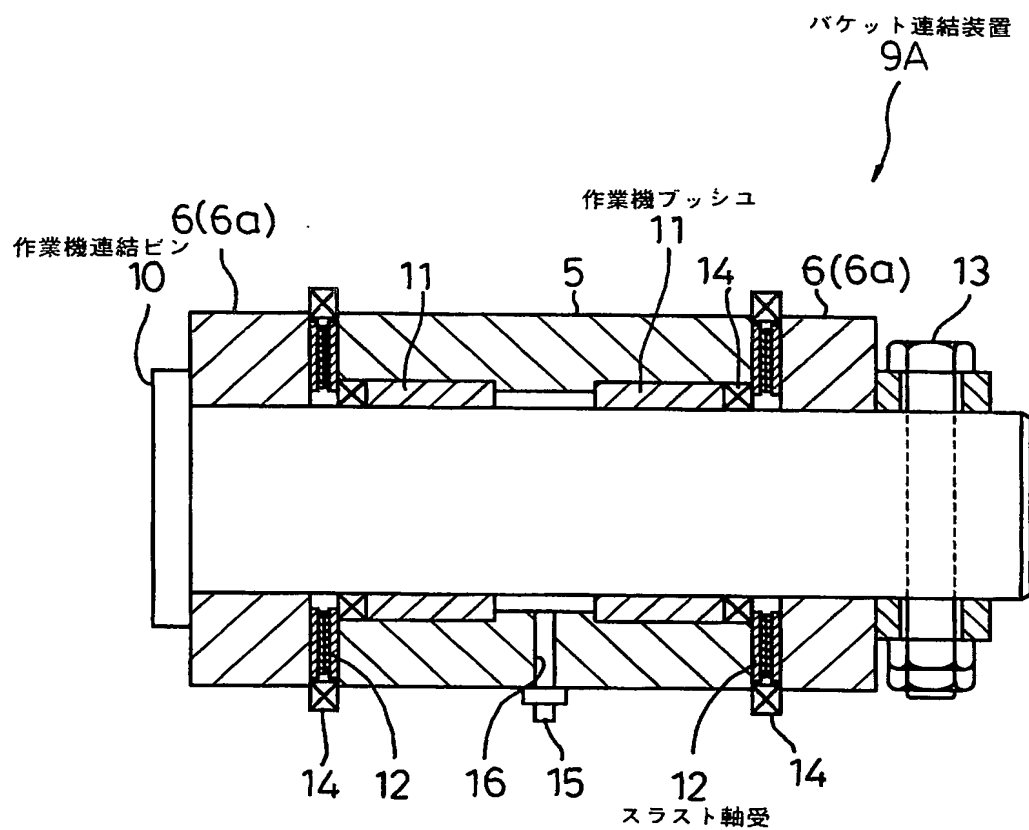
【図 2】

本発明の第1の実施形態に係る油圧ショベルの全体斜視図(a)およびバケット連結部を説明する分解斜視図(b)



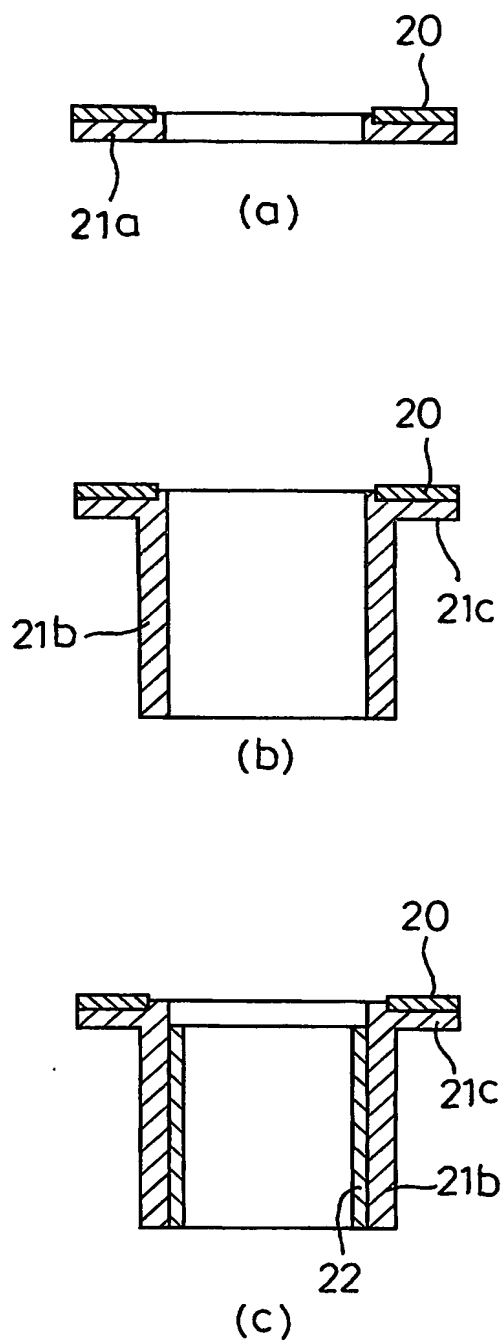
【図 3】

本発明の第１の実施形態に係るバケット連結装置の概略構造説明図



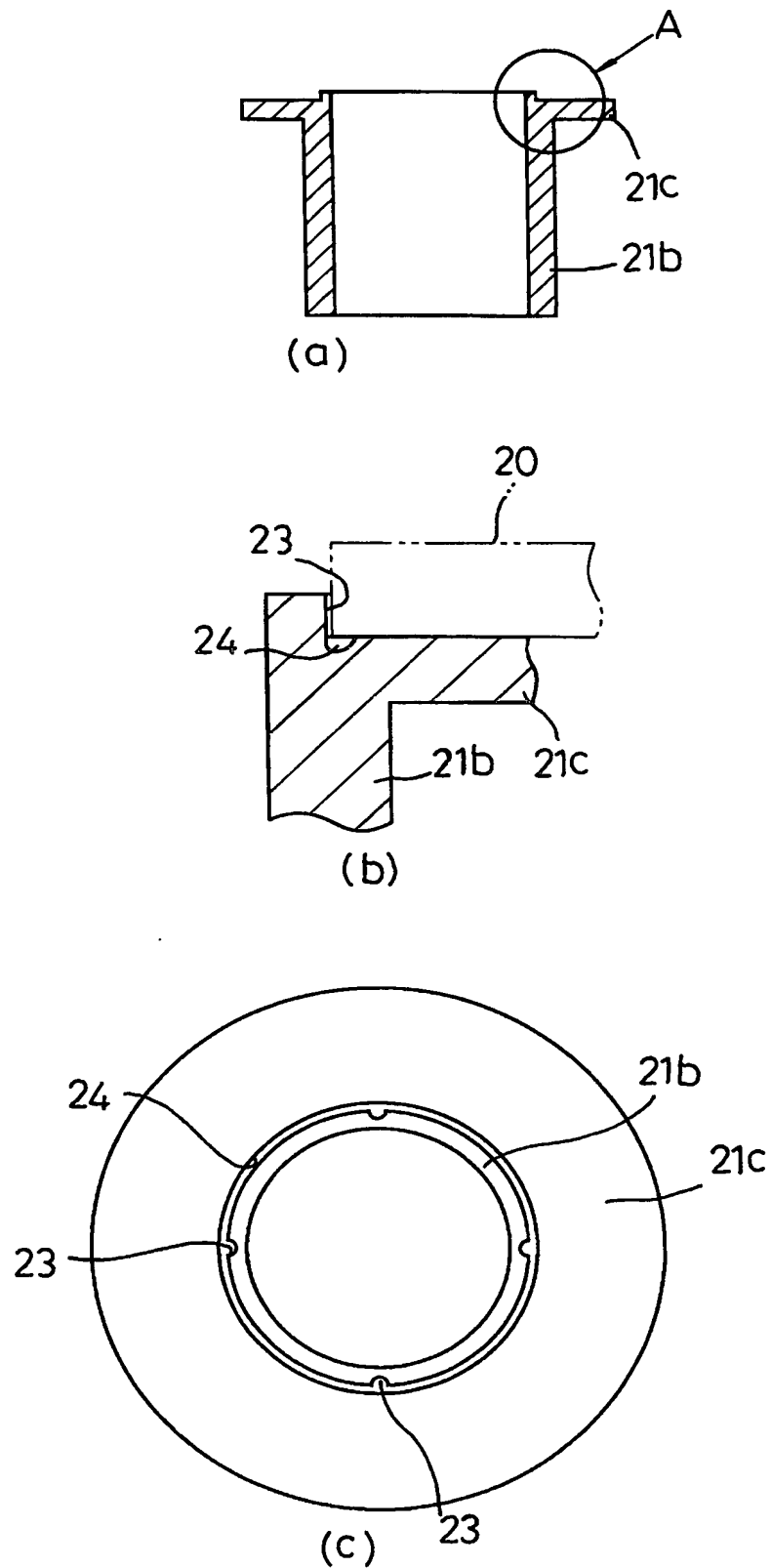
【図 4】

スラスト軸受の構造説明図



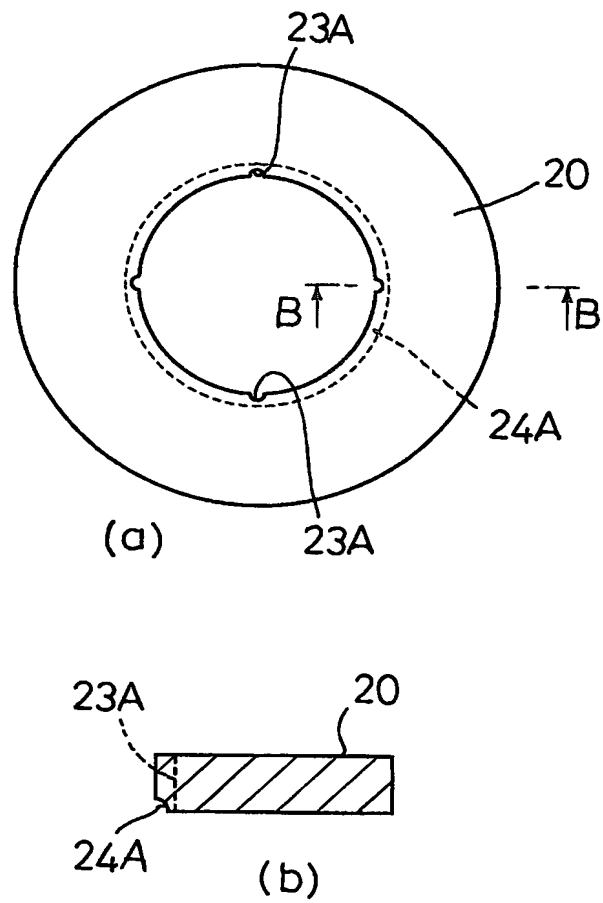
【図 5】

スラスト軸受の裏金に設けたガス抜き穴、溝の例



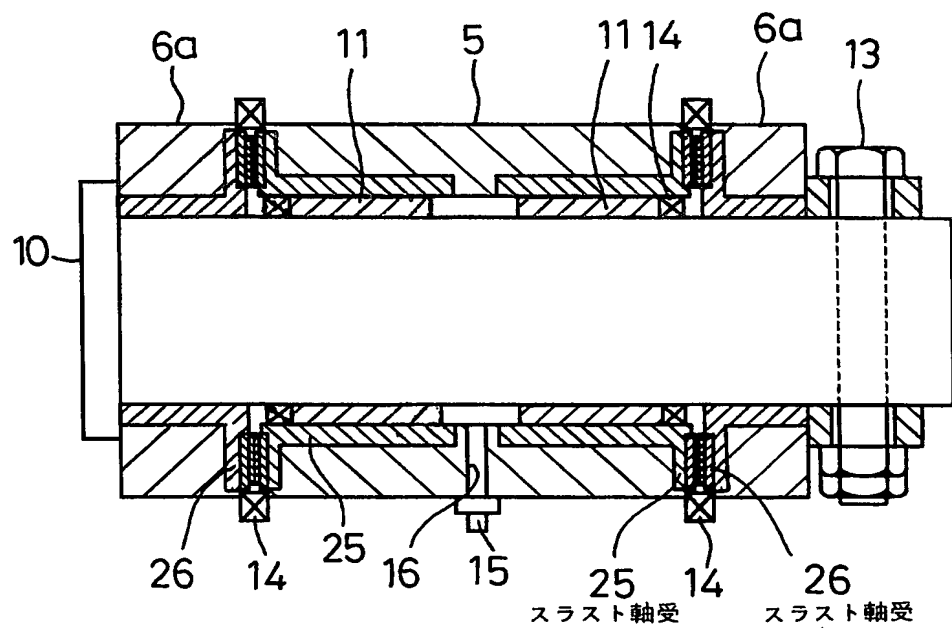
【図 6】

スラスト軸受の摺動体に設けたガス抜き穴、溝の例



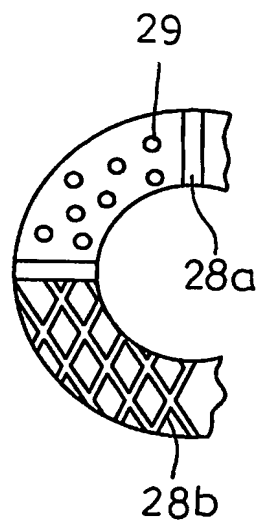
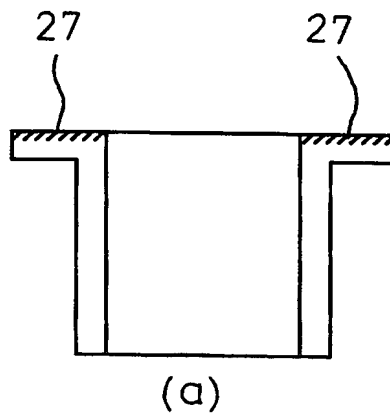
【図 7】

本発明の第 2 の実施形態に係るバケット連結装置の
概略構造説明図



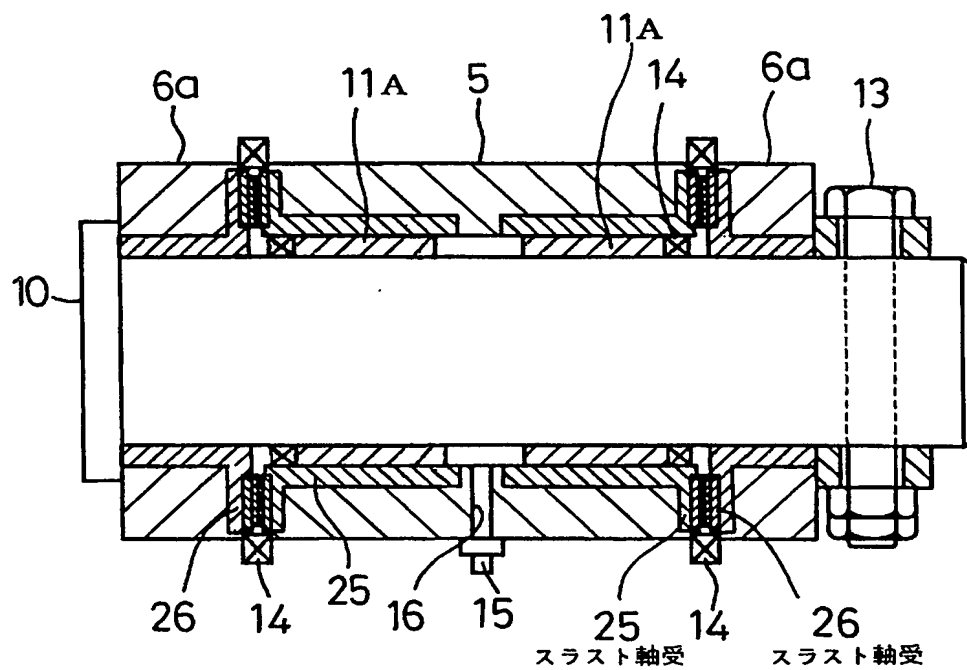
【図 8】

スラスト軸受摺動面の各種油溝、窪みのパターン例



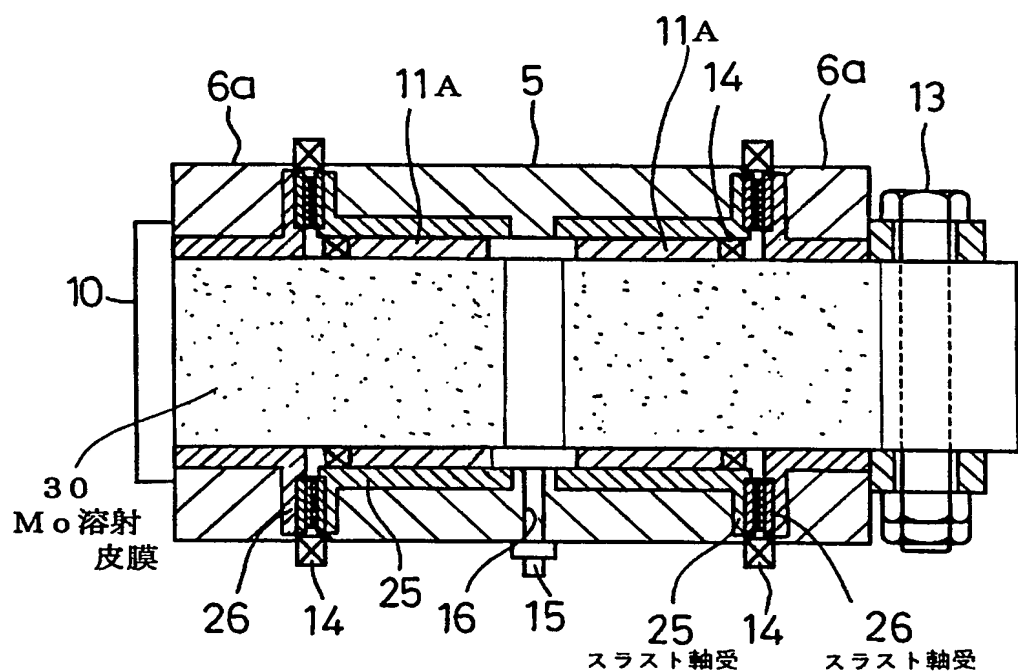
【図 9】

本発明の第3の実施形態に係るバケット連結装置の
概略構造説明図



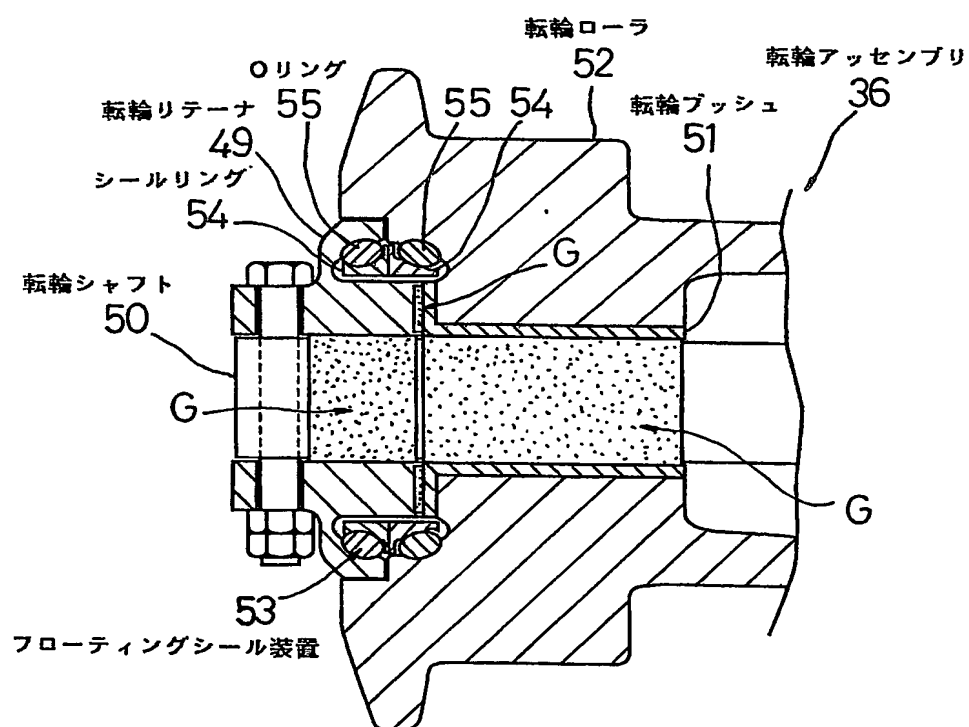
【図10】

本発明の第3の実施形態の変形例に係る
 パケット連結装置の概略構造説明図



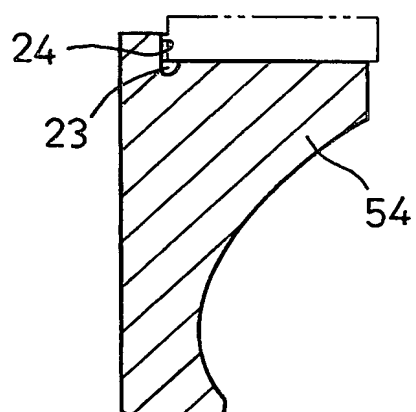
【図 11】

転輪アセンブリの要部構造説明図



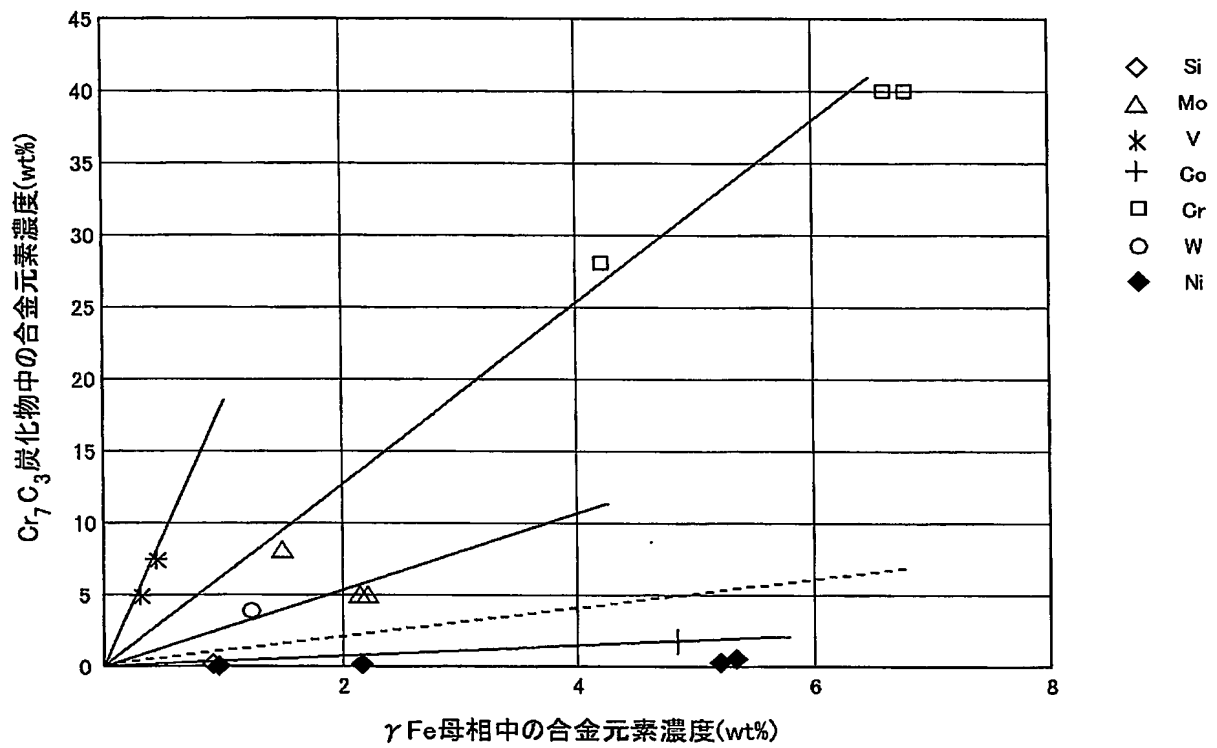
【図 12】

複層フローティングシールの構造

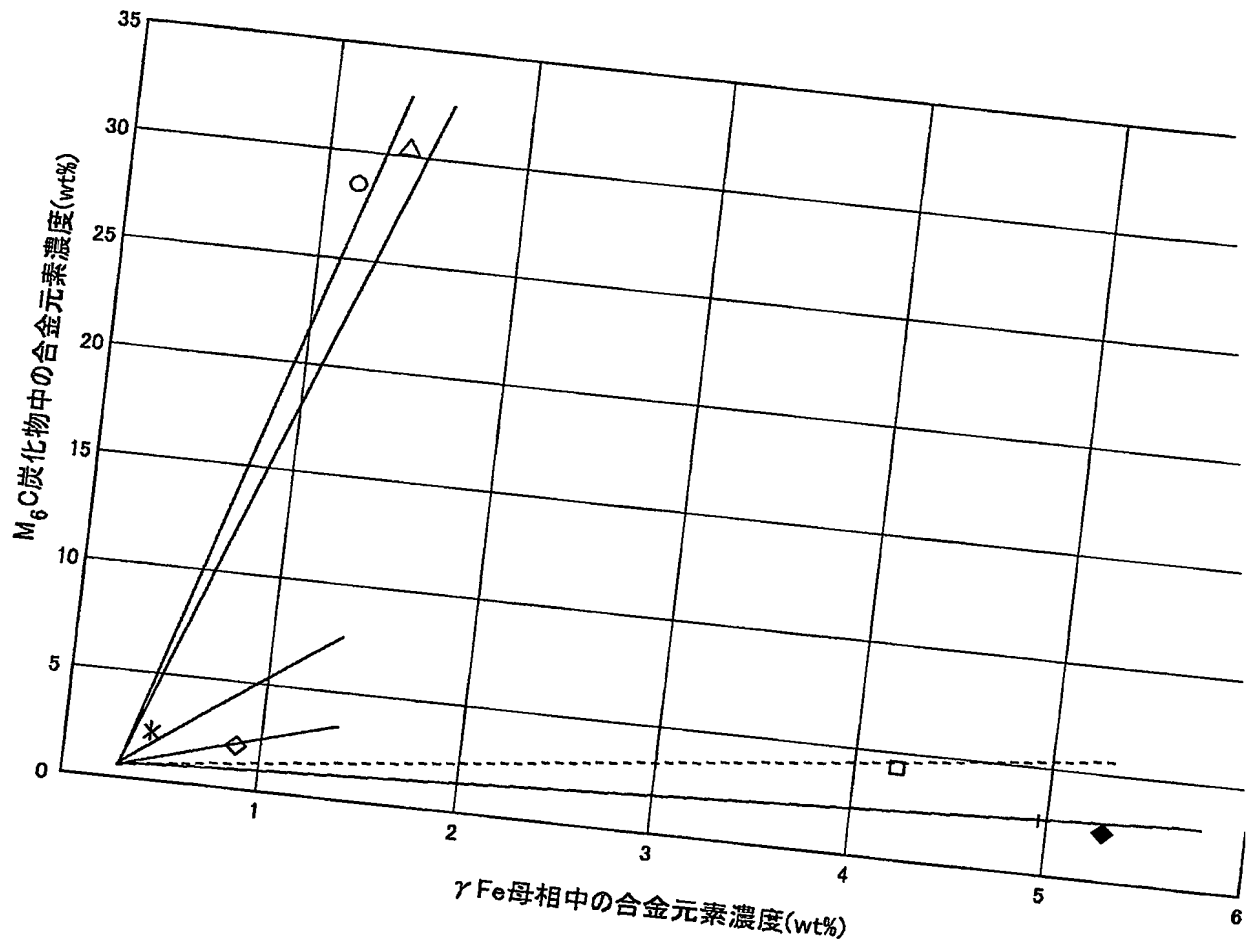


【図 13】

Cr_7C_3 と γFe 間の合金元素の分配

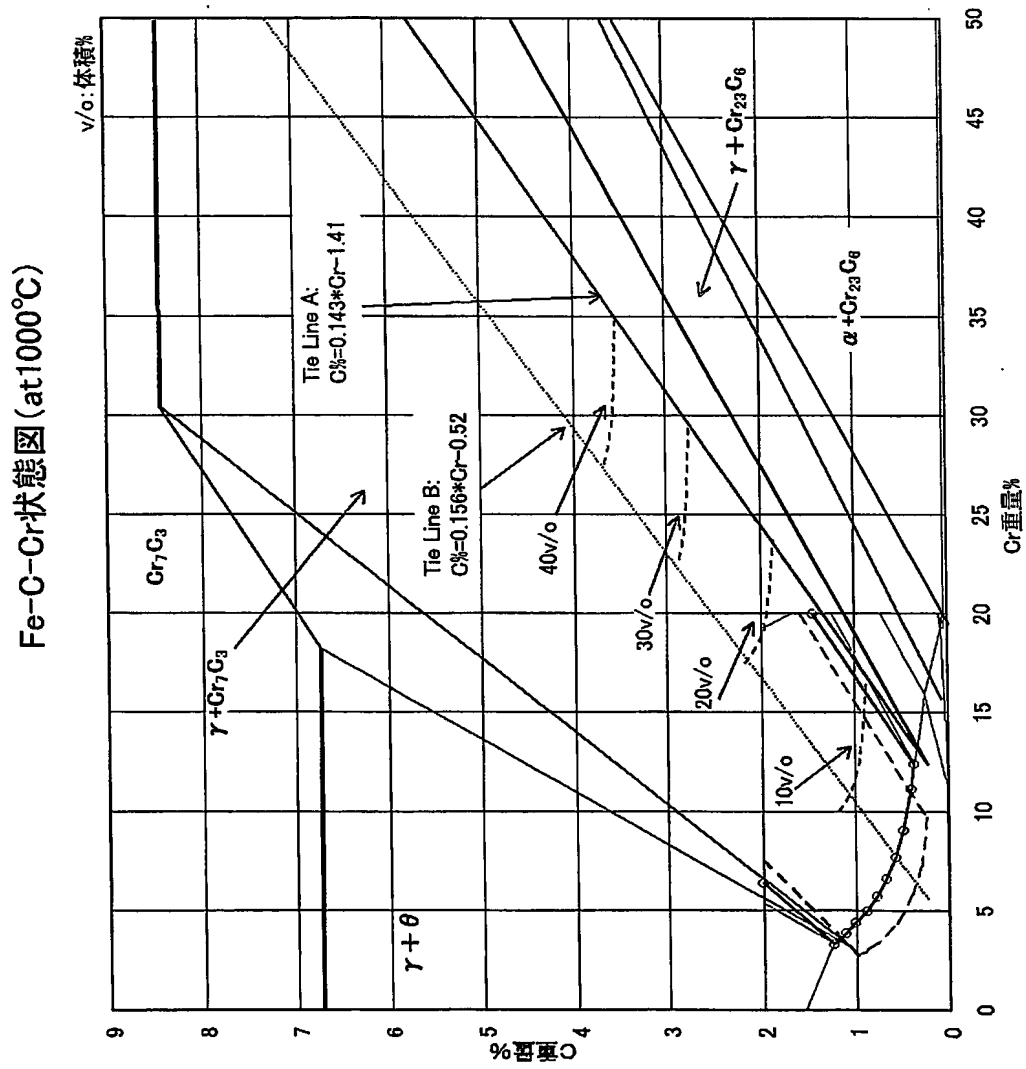


M_6C と γFe 母相間の合金元素の分配



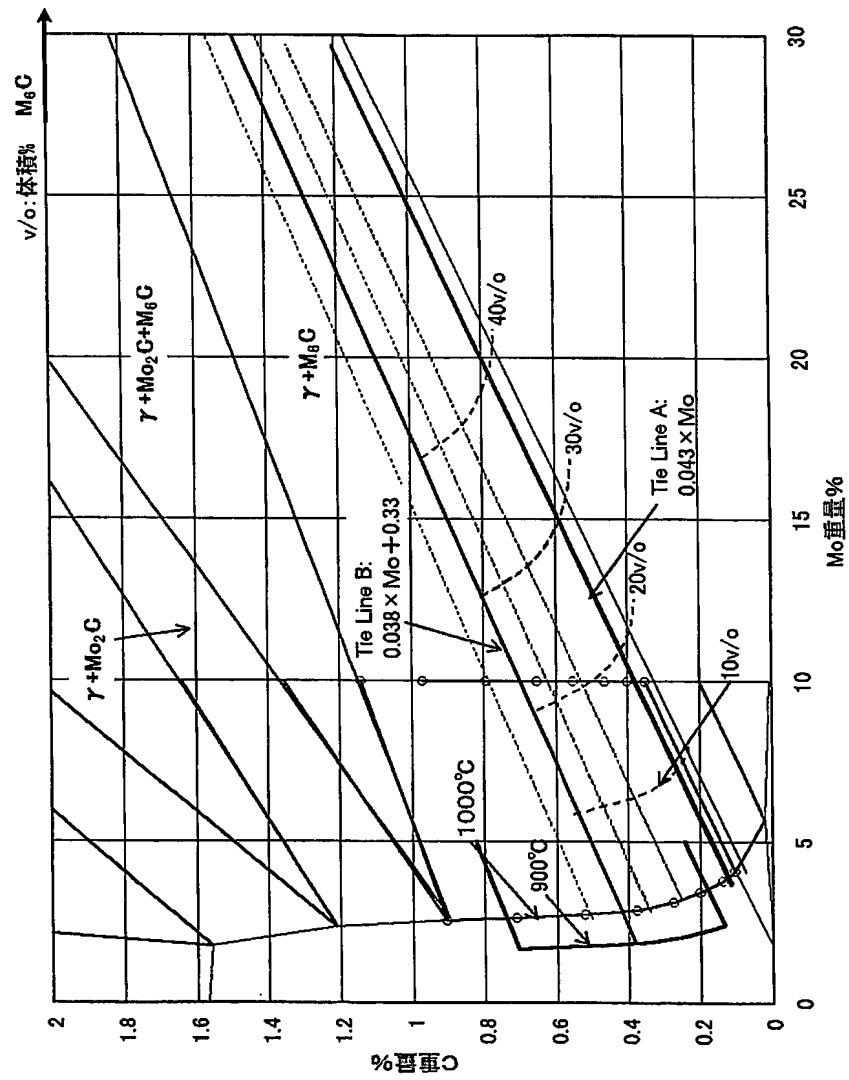
- ◇ Si
- △ Mo
- * V
- + Co
- Cr
- W
- ◆ Ni

【図 15】

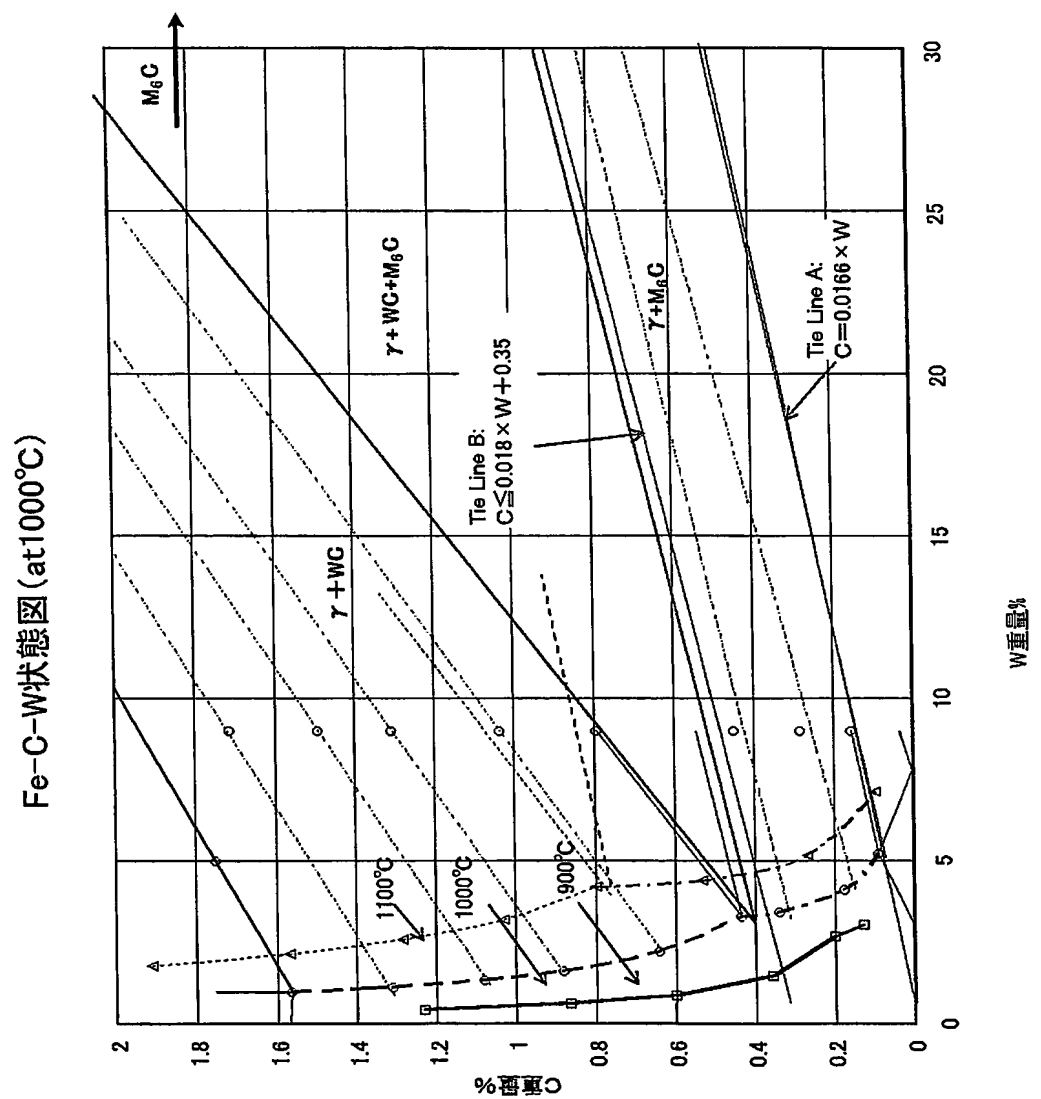


【図 16】

Fe-C-Mo状態図 (at1000°C)

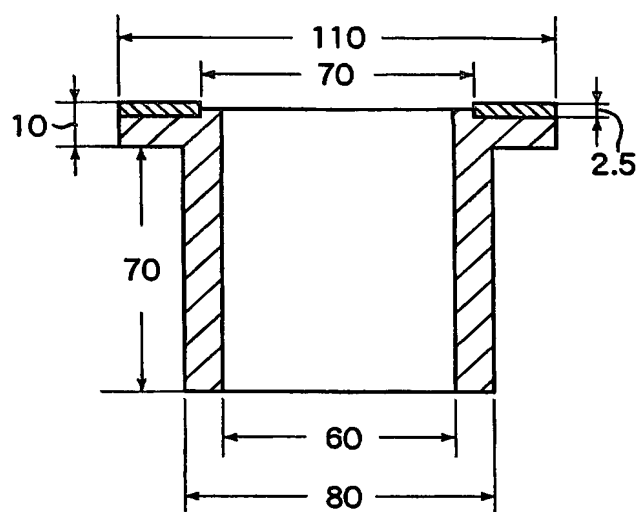


【図 17】



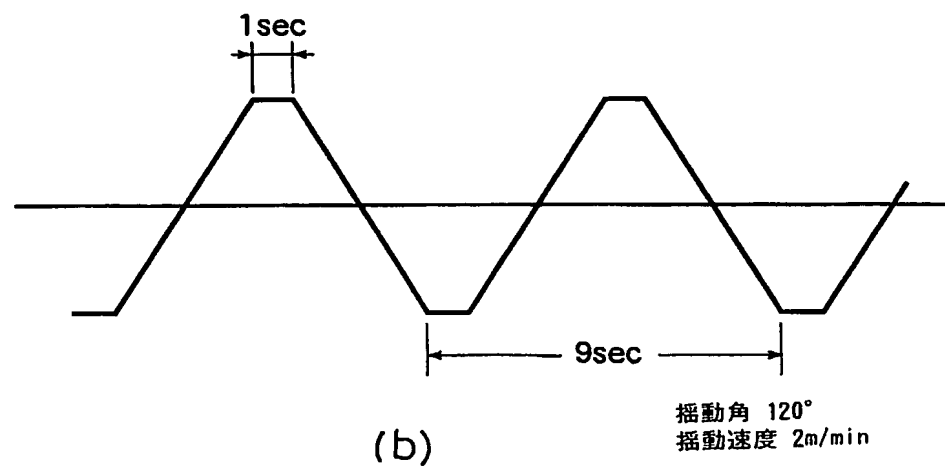
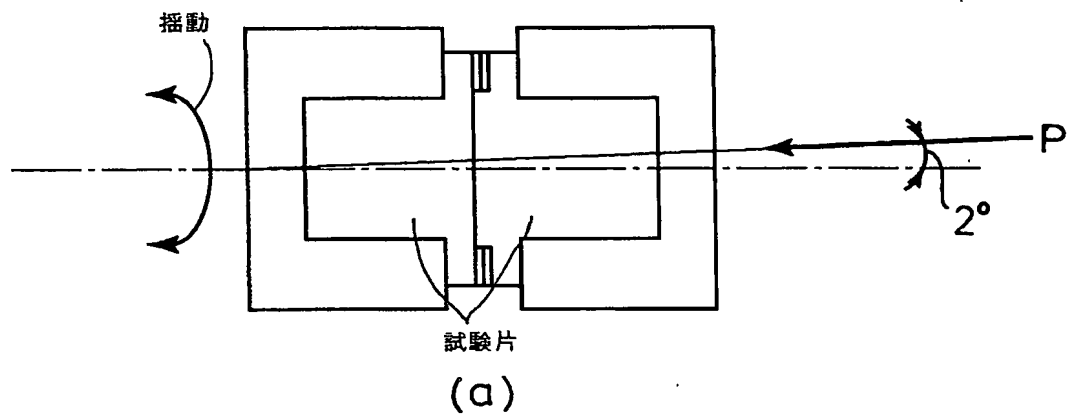
【図 18】

鋳付きスラスト軸受の試験片形状



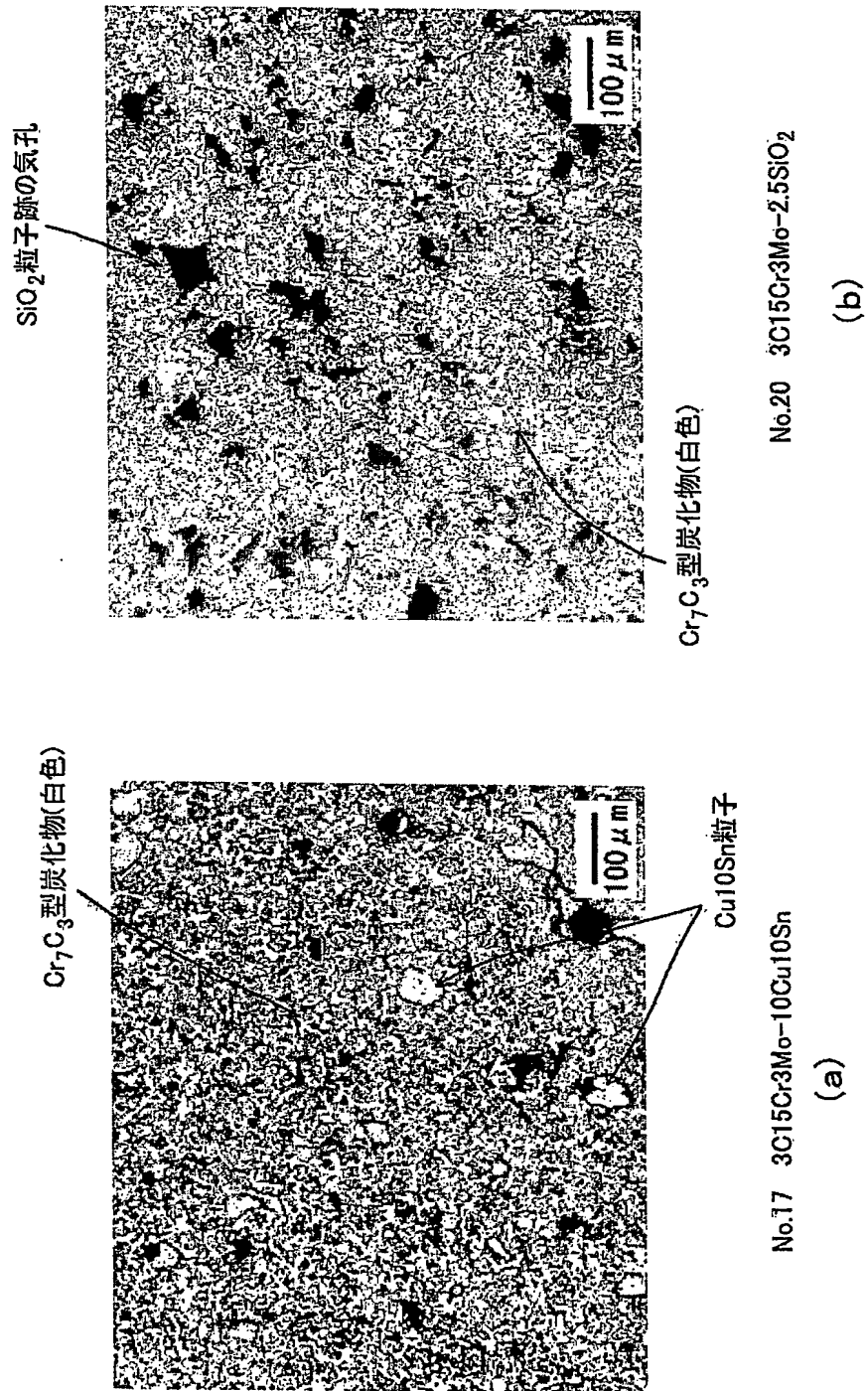
【図 19】

揺動試験機の説明図



【図 20】

No.17, No.20の焼結組織を示す写真



【図 21】

No.24の焼結組織を示す写真およびX線マイクロアナライザー分析結果

SKH焼結材粒界白色組織半定量分析結果

分析部位(A) M_6C 炭化物

Element	重量%
W	36.28
Mo	26.71
Cr	2.50
V	2.55
Si	0.60
P	0.40

炭素: 2重量%

分析部位(B) MC炭化物

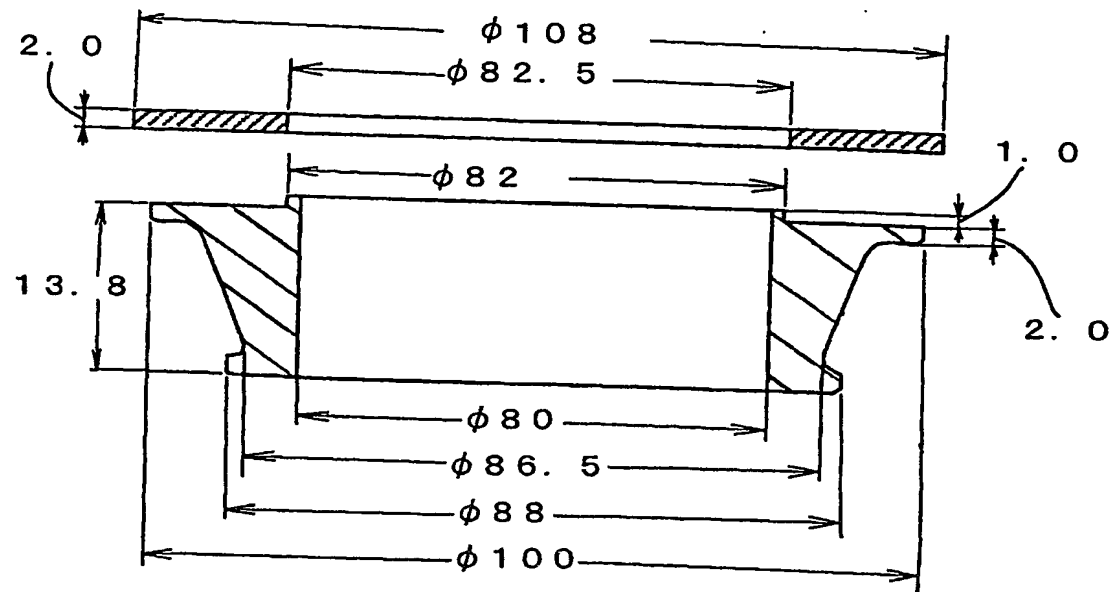
Element	重量%
W	14.36
Mo	5.02
Cr	14.71
V	46.08
Si	0.01
P	0.01

炭素: 14重量%

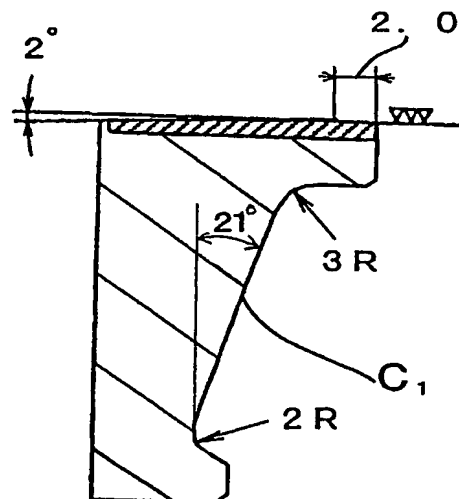
分析部位B
MC型炭化物分析部位A
 M_6C 型炭化物

【図 22】

焼結接合試験片形状を示す図



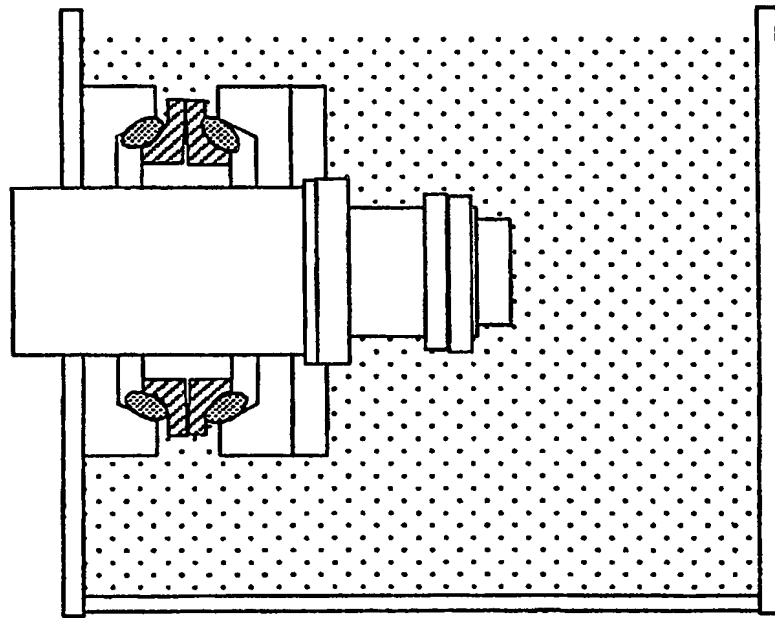
(a)



(b)

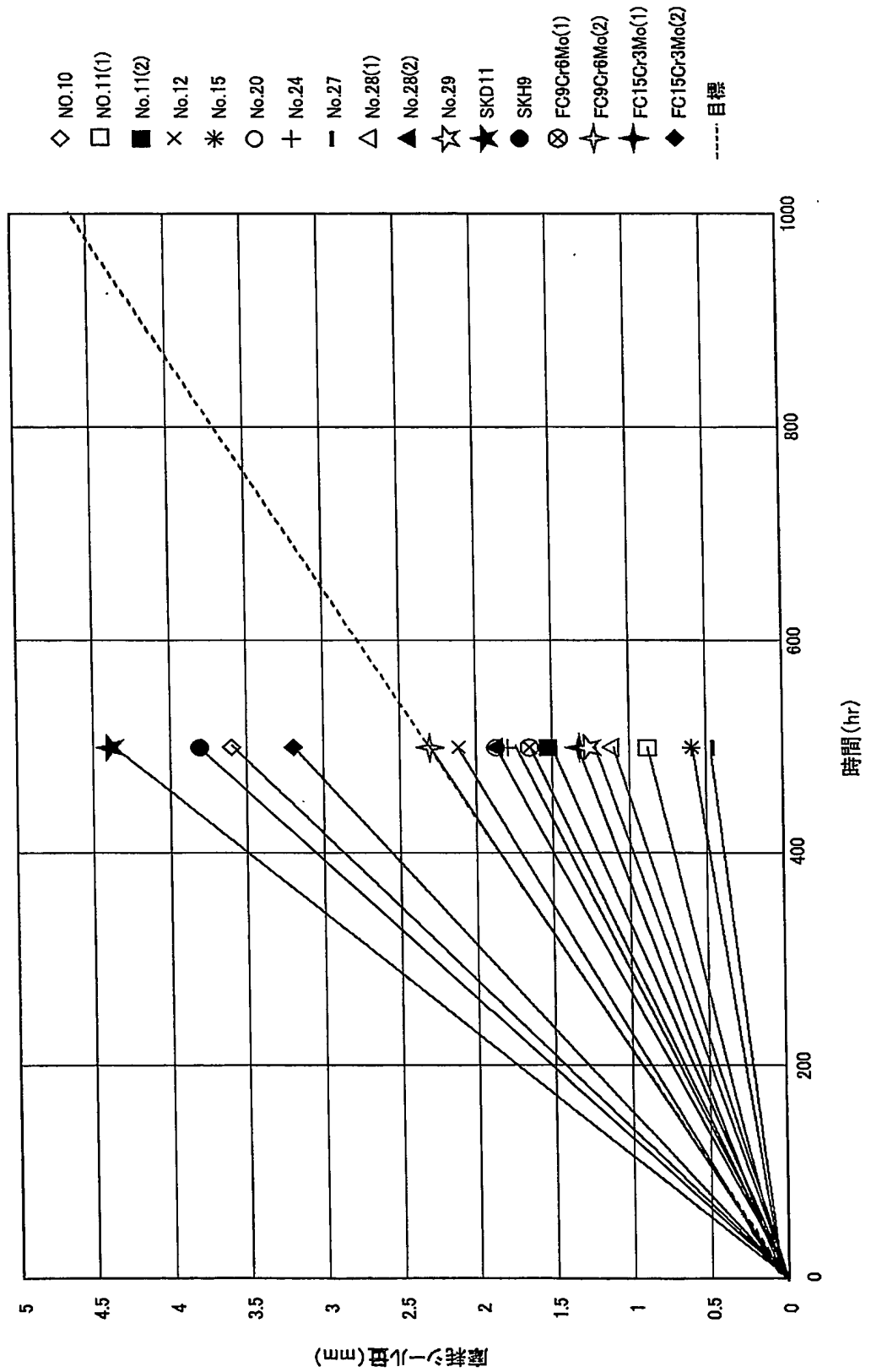
【図 23】

フローティングテストの概略図

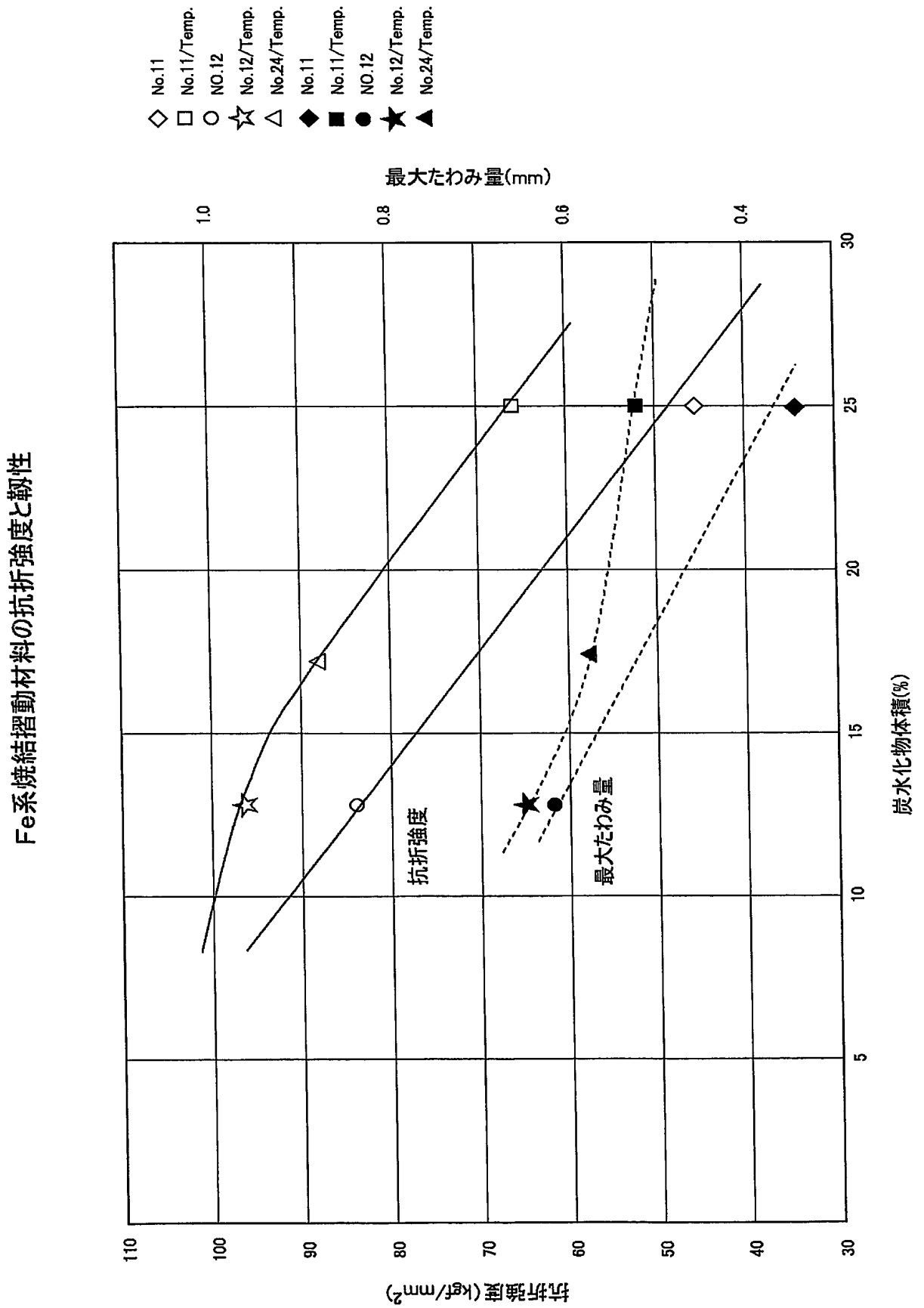


【図 24】

フローティングガシールの耐摩耗性



【図 25】



【書類名】要約書**【要約】**

【課題】耐摩耗性、耐焼付き性および耐ヒートクラック性に優れた高密度に焼結された鉄系焼結摺動材料と、この鉄系焼結摺動材料を鉄系裏金に焼結接合してなる複層焼結摺動部材を提供する。

【解決手段】少なくとも5～50体積%の炭化物と固溶炭素濃度が0.15～0.5重量%に調整されたマルテンサイト相からなる鉄系焼結摺動材料を鉄系裏金に一体化して構成する。また、鉄系焼結摺動材料は、少なくともCr:6.5重量%以上、Mo:3.5重量%以上および／またはV:3重量%以上の一種以上を含有し、 Cr_7C_3 、 M_6C 、MC型炭化物の一種以上の炭化物が分散されたものとする。

【選択図】 図3

特願 2 0 0 3 - 2 8 4 1 7 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 2 3 6]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区赤坂二丁目 3 番 6 号

氏 名

株式会社小松製作所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.